



Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia

Gases de Efecto Invernadero (1990-2021)
Contaminantes Criterio y Carbono Negro (2010-2021)







Financiado por



Implementado por



Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de Colombia

Francia Elena Márquez Mina
Vicepresidenta de Colombia

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

María Susana Muhamad González
Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Mauricio Cabrera Leal
Viceministro de Políticas y
Normalización Ambiental

Lilia Tatiana Roa Avendaño
Viceministra de Ordenamiento
Ambiental del Territorio

María Saralux Valbuena López
Directora de Cambio Climático y
Gestión de Riesgo

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Martha Viviana Carvajalino Villegas
Ministra de Agricultura y Desarrollo Rural

Polivio Leandro Rosales Cadena
Viceministro de Desarrollo Rural

Geidy Xiomara Ortega
Viceministra de Asuntos Agropecuarios

Santos Alonso Beltrán Beltrán
Director de Innovación, Desarrollo Tecnológico y
Protección Sanitaria

Nelson Enrique Lozano Castro
Coordinador de Cambio Climático

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam

Ghisliane Echeverry Prieto
Directora general

Elizabeth Patiño Correa
Subdirectora de Estudios Ambientales

Leonardo Alfredo Pineda Pardo
Coordinador del Grupo de Cambio Global

Andrés Felipe Tapiero Ríos
Profesional del Grupo de
Comunicaciones y Prensa

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD

Sara Ferrer Olivella
Representante residente

Alejandro Pacheco
Representante residente adjunto

Jimena Puyana
Gerente de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Catalina Quintero
Analista jefe en Cambio Climático

Katherine Romero
Profesional en Comunicación Ambiental

Fundación Natura

Clara Ligia Solano
Directora ejecutiva

Claudia Lorena Franco
Subdirectora técnica

Nancy Vargas Tovar
Subdirectora técnica

Sandra Galán
Subdirectora técnica

Eliana Garzón
Jefe de Comunicaciones

Proyecto GEF-CBIT “Transparencia Climática Colombia” (Ideam - PNUD - Fundación Natura)

Laura María Aranguren Niño
Coordinadora

César Augusto Charris Martínez
Profesional de Comunicaciones

Proyecto Biocarbono Orinoquía - “Paisajes sostenibles bajos en carbono”

Johana Talina Lugo Rosero
Líder de Componente Definición del Programa de Reducción de Emisiones (PRE) y de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)

Juan David Turriago
Redactor ERP

Javier Rodríguez Dueñas
Coordinador regional

Daniel Aguilar
Líder de Componente Uso y Manejo Sostenible del Suelo

John Velásquez
Apoyo administrativo

Autores

Carlos Alberto Duarte Durán

Profesional sectorial Energía-Transporte
(Ideam - PNUD - Fundación Natura)
ORCID - ID: 0000-0002-4753-3686

Carlos Andrés Pinzón Correa

Profesional Incertidumbre
(Ideam - PNUD - Fundación Natura)
ORCID - ID: 0009-0007-5891-9406

Daniela María Bernal Escobar

Profesional sectorial Industria
(Ideam - PNUD - Fundación Natura)
ORCID - ID: 0000-0002-9886-248X

David Alejandro Buitrago Mesa

Profesional de Contaminantes Criterio - Ideam
ORCID - ID: 0009-0002-0375-7773

Diana Leidy Manrique Luna

Profesional sectorial Agricultura
(Ideam - Proyecto Biocarbono Orinoquia)
ORCID - ID: 0000-0002-7512-1822

Lady Mateus Fontecha

Profesional de Proyecciones GEI
(Ideam - PNUD - Fundación Natura)
ORCID - ID: 0000-0002-9038-1673

Laura María Aranguren Niño

Coordinadora del Proyecto GEF-CBIT
"Transparencia Climática Colombia"
(Ideam - PNUD - Fundación Natura)
ORCID - ID: 0009-0003-8432-6824

Laura Natalia Solano Cuadros

Profesional sectorial Residuos
(Ideam - PNUD - Fundación Natura)
ORCID - ID: 0009-0003-5014-0829

Leonardo Alfredo Pineda Pardo

Coordinador del Grupo de Cambio Global - Ideam
ORCID - ID: 0000-0001-6645-6615

Lina Alejandra Obando Estupiñán

Profesional del Grupo de Cambio Global - Ideam
ORCID - ID: 0009-0007-0296-2384

Lizet Jimena Robayo Rocha

Profesional sectorial LULUCF
(Ideam - Proyecto Biocarbono Orinoquia)
ORCID - ID: 0009-0006-0141-1647

Luis Carlos Garzón Franco

Profesional Contaminantes Criterio y Carbono Negro (Ideam - PNUD - Fundación Natura)
ORCID - ID: 0009-0008-2011-8475

Luis Enrique Caicedo Navarro

Profesional sectorial LULUCF
(Ideam - PNUD - Fundación Natura)
ORCID - ID: 0009-0002-8504-360X

Natalia Andrea Cifuentes Castellanos

Profesional sectorial Energía (Ideam - PNUD - Fundación Natura)
ORCID - ID: 0009-0008-7519-6251

Sergio Andrés Garcés Jiménez

Profesional Emisiones Fugitivas
(Ideam - PNUD - Fundación Natura)
ORCID - ID: 0000-0002-1770-2135

Coordinación técnica

Laura María Aranguren Niño

Leonardo Alfredo Pineda Pardo

Daniela María Bernal Escobar

Diana Leidy Manrique Luna

Coordinación editorial

Andrés Felipe Tapiero Ríos

Corrección de estilo

Adriana Paola Mantilla Esparza

Diseño editorial

Astrid Duque

Impresión

Multiservicios J. M.

Cítese como:

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam. (2024). *Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia. Gases de Efecto Invernadero (1990-2021), Contaminantes Criterio y Carbono Negro (2010-2021)*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, Fundación Natura, Proyecto GEF-CBIT "Transparencia Climática Colombia" y Proyecto Biocarbono "Paisajes sostenibles Bajos en Carbono".

Este documento ha sido elaborado y construido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam, con el apoyo estratégico del proyecto GEF-CBIT "Transparencia Climática Colombia"; financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés); implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y ejecutado por la Fundación Natura y el Proyecto Biocarbono Orinoquia - "Paisajes sostenibles bajos en carbono", que hace parte de la iniciativa sobre paisajes sostenibles del Fondo Biocarbono, liderado por el Banco Mundial y financiado con donaciones de los gobiernos de Alemania, Estados Unidos, el Reino de Noruega y el Reino Unido, y ejecutado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).

ISBN (digital): 978-958-5489-33-2

© Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam, 2024.
Calle 25D 96B-70, Bogotá, D. C.
PBX: 601 3527160

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y divulgación de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento para fines comerciales. No comercializable. Distribución gratuita.



1. Introducción

En el marco de la presentación del Primer Informe Bienal de Transparencia (en adelante, BTR) de Colombia y en cumplimiento de los compromisos adquiridos por Colombia ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (en adelante, CMNUCC), el Acuerdo de París, el Conpes 3943 de 2018, que presenta la “Política para el mejoramiento de la calidad del aire”, y la Estrategia Nacional de Calidad del Aire (en adelante, ENCA), este documento presenta el resumen informativo del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero (en adelante, Ingei), que contiene la estimación de gases de efecto invernadero entre 1990 y 2021 y de contaminantes criterio y carbono negro entre 2010 y 2021.

Estos inventarios permiten evaluar el impacto de las actividades humanas sobre la atmósfera, identificando los sectores, fuentes y actividades que emiten y absorben gases de efecto invernadero, contaminantes criterio y carbono negro, con el fin de desarrollar políticas, estrategias y medidas de mitigación efectivas, y permitir la implementación de mejores tecnologías, prácticas y procesos a partir de datos científicos para la toma de decisiones.

1.1 Conceptos básicos



• Contaminación atmosférica

Es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes, entendidos estos como fenómenos físicos, sustancias o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana, que solos, en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas (Decreto 1076 de 2015, MinAmbiente, 2015).



• Cambio climático

Se refiere a los cambios de las temperaturas y patrones meteorológicos a largo plazo, que, aunque pueden ser de origen natural, desde el siglo XIX han sido ocasionados mayoritariamente por las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, las exploraciones petrolíferas, las actividades agrícolas y la deforestación (ONU, 2024).



• Efecto invernadero y gases de efecto invernadero

El efecto invernadero es un proceso natural en el que los gases de efecto invernadero (en adelante, GEI) presentes en la atmósfera retienen y absorben parte de la radiación infrarroja proveniente del sol y emitida por la superficie terrestre al espacio, lo que implica un aumento de la temperatura de la Tierra. Los gases capaces de retener esta energía pueden ser generados de manera natural o por actividades humanas. Entre los más representativos se encuentran el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3). También se pueden encontrar gases fluorados, como los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6) (NASA, 2024).



• Potencial de calentamiento global

El potencial de calentamiento global es una medida que establece la capacidad que tiene un gas de efecto invernadero para absorber energía o calentar la atmósfera en comparación con el CO_2 durante un periodo específico (IPCC, 2013).



• Carbono negro

El carbono negro (CN) es considerado un contaminante de corta duración que se genera por el proceso de combustión incompleta de diferentes combustibles. Tiene gran capacidad para absorber la radiación solar, lo cual hace que contribuya al calentamiento global (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2015).



• Contaminantes criterio

Los contaminantes criterio son aquellos que tienen una implicación para la salud y bienestar de los humanos. Se les llama “criterio” porque se ha establecido una normativa para monitorear sus niveles permisibles a fin de preservar la salud y la biodiversidad. Estos contaminantes son material particulado menor a 10 micras (PM_{10}), material particulado menor a 2,5 micras ($PM_{2,5}$), ozono (O_3), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2) (Ideam, 2022).



• Gases precursores

Ciertos compuestos, como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM), contribuyen a la formación de ozono (O_3) en la tropósfera en presencia de la luz solar; por lo tanto, se denominan precursores del ozono. Por otro lado, las emisiones de dióxido de azufre (SO_2) y del amoníaco (NH_3) contribuyen a la formación de aerosoles que favorecen el cambio climático (IPCC, 2006).



• Vida atmosférica

La vida atmosférica hace referencia al tiempo que dura un gas o partícula en la atmósfera antes de ser transformada por procesos naturales como reacciones químicas, sedimentación o absorción (IPCC, 2013).



• Emisiones antropogénicas

Las emisiones antropogénicas se refieren a los gases que son generados de manera directa o indirecta por actividades humanas, como la quema de combustibles, las actividades industriales, la deforestación, entre otros.

1.2 Marco legal

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) es el tratado internacional que sirve de base para la concertación de medidas multilaterales encaminadas hacia la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos. Su objetivo principal es alcanzar la estabilización de las concentraciones de los GEI en la atmósfera a tal punto de lograr impedir las interferencias antropogénicas peligrosas para el sistema climático (CMNUCC, 2006; Cepal, s. f.). A partir de su entrada en vigor en el año 1994, y hasta la fecha, en el marco de la Convención se han realizado diversas Conferencias de las Partes (COP), que constituyen el máximo órgano decisorio de la Convención. En estas conferencias todos los Estados que son denominados Partes de la Convención (196 firmantes) se reúnen para concertar la toma de decisiones que promuevan la aplicación efectiva del marco, por medio de la adquisición de compromisos y responsabilidades de las partes.

Desde la ratificación de la CMNUCC en 1994, Colombia ha adquirido compromisos específicos conforme al artículo 4 de la Convención, que establece la obligación de las partes de elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la COP, de conformidad con el artículo 12, los inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal (ONU, 1992). Adicionalmente, bajo la CMNUCC, las Partes “No Anexo I” o “No anexadas” (como lo es Colombia) deben presentar Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático (en adelante, CNCC), las cuales incluyen el Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de GEI (Ingei), dentro de los tres años siguientes a la adopción de la Convención y cada cuatro años.

En el año 2015, en la COP 21 se adopta el Acuerdo de París como un tratado internacional de la CMNUCC, universal y vinculante, que busca mejorar la aplicación de la convención por medio del refuerzo y la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático con una meta global que consiste en mantener el aumento de la temperatura global muy por debajo de los 2 °C, haciendo el mayor esfuerzo por no sobrepasar los 1,5 °C (artículo 2 del Acuerdo de París). La firma del Acuerdo de París por parte de Colombia se realiza en el año 2016, pero se ratifica y aprueba mediante la Ley 1844 de 2017 (Fundación Natura, MinAmbiente, WWF-Colombia, 2016).

Como parte del Acuerdo de París, entra en vigor el Marco de Transparencia Reforzado bajo el cual todos los países, iniciando en diciembre de 2024 y cada dos años, deben presentar el Informe Bienal de Transparencia (BTR), siguiendo las modalidades, procedimientos y directrices (en adelante, MPG) adoptados en la decisión 18/CMA.1, así como las orientaciones dispuestas en la decisión 5/CMA.3. Estos BTR reemplazan a los Informes Bienales de Actualización (en adelante, BUR) e incluyen información sobre las medidas adoptadas en la acción climática, incluyendo el Ingei, así como apoyo en términos de financiamiento climático, transferencia de tecnología y construcción de capacidades.

Para garantizar las capacidades de generación de los inventarios de gases de efecto invernadero, la Ley 2169 de 2021 definió la creación del Sistema Nacional de Información de Cambio Climático (en adelante, SNICC) como el encargado de proveer datos e información transparente y consistente en el tiempo para la toma de decisiones relacionadas con la gestión del cambio climático. Dentro de este sistema, se definió la conformación del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación de Mitigación a nivel nacional, compuesto, entre otros, por el Registro Nacional

de Reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (en adelante, Renare), el Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto Invernadero (Singei) y el Sistema de Contabilidad de Reducción y Remoción de GEI (en adelante, SCRR-GEI). A su vez, se asignó al Ideam la administración y coordinación del Singei.

Por otra parte, el plan de acción del Conpes 3943 de 2018, que presenta la “Política para el mejoramiento de la calidad del aire”, asignó al Ideam la competencia de generar inventarios bienales de contaminantes criterio y carbono, mientras que la ENCA busca que estos últimos se articulen con el Ingei.

1.3 Conceptos básicos del Inventario de Emisiones Atmosféricas

- **¿Qué es un inventario de emisiones atmosféricas?**

Un inventario de emisiones atmosféricas es un registro detallado de la cantidad de contaminantes liberados a la atmósfera en una región específica. Este inventario incluye la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O, etc.) y otros contaminantes del aire (NO_x, SO₂, NH₃, COVDM, CO, entre otros). Estos inventarios son relevantes para la gestión de la calidad del aire y el cambio climático.

- **¿Qué es un inventario de gases de efecto invernadero?**

Un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero corresponde a un reporte sistemático de las emisiones y absorciones generadas por fuentes y sumideros en un área y un tiempo determinados. Si dicho inventario es de carácter nacional, se le denomina Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Ingei). Su objetivo es

cuantificar las emisiones por sectores económicos, como energía, transporte, procesos industriales, agricultura y residuos. Esto se realiza siguiendo metodologías como las directrices establecidas por el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (en adelante, IPCC), para informar sobre los progresos en materia de cambio climático, priorizar esfuerzos y formular políticas.

Para Colombia se realiza un ciclo de inventario con durabilidad de 2 años. En este periodo se estiman emisiones para los módulos de procesos industriales y uso de productos (en adelante, IPPU), silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (en adelante, LULUCF), energía, agricultura y residuos, siguiendo las Directrices del IPCC de 2006 o sus refinamientos de 2019.

- **¿Qué es un inventario de carbono negro y contaminantes criterio?**

Un inventario de carbono negro y contaminantes criterio estima las emisiones de contaminantes atmosféricos que deterioran la calidad del aire y afectan la salud, tales como los óxidos de nitrógeno (NO_x), el dióxido de azufre (SO₂), el monóxido de carbono (CO), los compuestos orgánicos volátiles diferentes de metano (COVDM) y las partículas atmosféricas con diámetros aerodinámicos menores a 10 micrómetros (PM₁₀) y 2,5 micrómetros (PM_{2,5}), además de las partículas compuestas de carbono elemental emitidas en los procesos de combustión incompletos, que se conoce como carbono negro (CN).

Para el Inventario de Carbono Negro y Contaminantes Criterio de Colombia, se emplea la “Guía técnica para la elaboración de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos conjunta EMEP/EEA” (European Environment Agency, 2019).

• Generalidades de los inventarios de emisiones atmosféricas

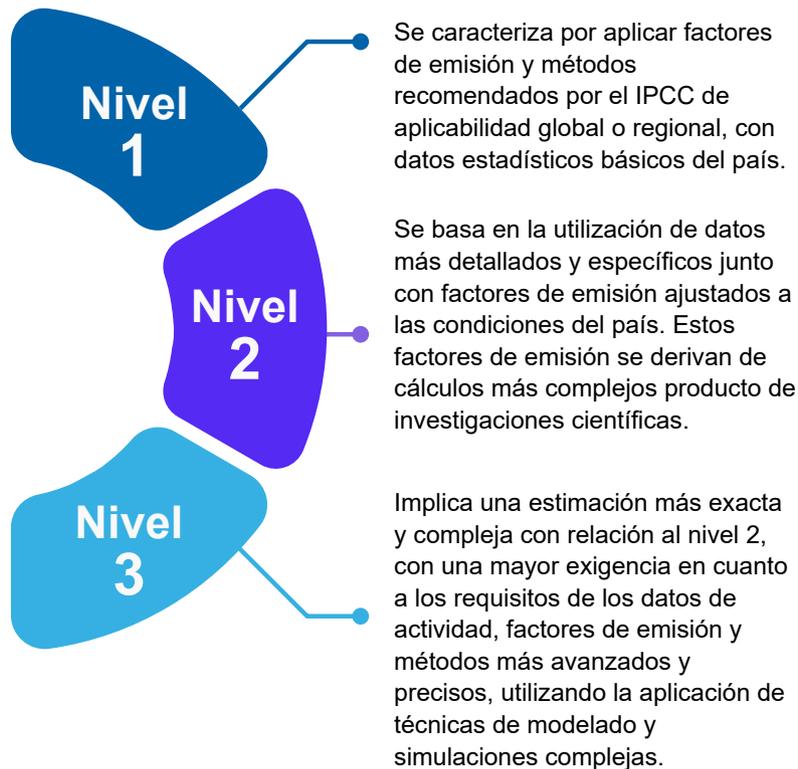
La realización de inventarios de emisiones atmosféricas implica identificar los siguientes aspectos (figura 1):

Figura 1. Aspectos transversales a los inventarios de emisiones atmosféricas

Serie de tiempo	Módulos	Niveles metodológicos	Datos de actividad	Factores de emisión	Categorías clave	Análisis de incertidumbre
<ul style="list-style-type: none"> • Decisión 18/CMA.1: Las partes deben realizar su Ingei desde el año 1990 (Convención Marco sobre el Cambio Climático, 2019). • El último año de reporte debe ser inferior a 2 años, pero con flexibilidad de que sea inferior a 3 años para países en desarrollo (Convención Marco sobre el Cambio Climático, 2019). 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía. • IPPU. • Agricultura. • LULUCF. • Residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aseguran que los inventarios sean robustos y comparables. • Su empleabilidad depende de las circunstancias nacionales y la disponibilidad de información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Representan una medida cuantitativa de la magnitud de una actividad que genera emisiones de gases o absorciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aseguran que los inventarios sean robustos y comparables. • Su empleabilidad depende de las circunstancias nacionales y la disponibilidad de información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Son los sectores que aportan en mayor medida a las emisiones o absorciones de un país. 	<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta para evaluar la precisión y confiabilidad de los resultados. • Permite la priorización de mejoras. • Medida de la variabilidad de los datos.

Las directrices del IPCC incluyen diferentes niveles metodológicos (figura 2) para estimar las emisiones y absorciones de GEI y asegurar que los inventarios sean robustos y comparables. Su empleabilidad depende de las circunstancias nacionales y la disponibilidad de información.

Figura 2. Niveles metodológicos del IPCC



Fuente: Directrices del IPCC, capítulo 1, 2006.

1.4 Circunstancias nacionales

A nivel internacional, Colombia ocupa el puesto treinta (30) en la cantidad de emisiones globales, y el puesto tres (3) en Latinoamérica, después de Brasil y Argentina. Estas emisiones están asociadas a las diferentes actividades que se realizan en el país en temas de agricultura, industria, transporte, generación de residuos, entre otros. En ese contexto, esta clasificación se utiliza como un indicador para evaluar los compromisos ambientales; para ello se hace uso del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Ingei) y el Inventario de Carbono Negro y Contaminantes Criterio (Grupo Banco Mundial, 2020).

Por esto, en Colombia se ha desarrollado un inventario para el periodo de 2010 a 2021. Estas emisiones fueron incluidas en las contribuciones determinadas a nivel nacional. A partir de ello, se diseñaron 3 medidas enfocadas en la mitigación y los sectores que tienen mayores contribuciones, como los sectores de transporte y agropecuario.

El Ingei y el Inventario de Carbono negro y Contaminantes Criterio son importantes para el país, ya que constituyen una herramienta necesaria para monitorear el cumplimiento de la contribución nacionalmente determinada (NDC) del país, como parte de los compromisos de Colombia bajo el Acuerdo de París. La NDC establece emitir como máximo 169.440 kt CO₂ eq, lo que equivale a una reducción del 51 % de las emisiones de GEI para 2030. En cuanto a las emisiones de carbono negro, la NDC propone la meta de reducir las emisiones en un 40 % para el mismo año. Por su parte, la estrategia E2050¹ es una política de Estado que busca generar un ejercicio de largo plazo para contribuir a los objetivos de un futuro sostenible mediante estrategias como la transición energética que se viene desarrollando.

¹ E2050: Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia, que orienta las acciones para construir un futuro resiliente al clima como una estrategia de planificación a largo plazo que demuestra el compromiso nacional con el Acuerdo de París.

En la actualidad, el Inventario de Gases de Efecto Invernadero en Colombia está relacionado con el producto interno bruto (PIB) del país, ya que la estimación de gases incluye la desagregación de diferentes módulos y categorías dentro de los sectores económicos. Una quinta parte del PIB del país proviene de los sectores con mayores emisiones de GEI, dentro de los cuales se encuentran la ganadería, el transporte, los procesos agroindustriales, entre otros (Grupo Banco Mundial, 2020).

1.5 Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático de Colombia

Colombia cuenta con el SNICC, en el marco del Sistema de Información Ambiental para Colombia (en adelante, SIAC), que se consolida como el sistema oficial de coordinación y articulación de información institucional, sectorial y territorial del país. El SNICC facilita la gestión y divulgación de datos e información en materia de cambio climático, comprendiendo el conjunto de sistemas, actores, procesos, instrumentos, herramientas y metodologías para la recopilación, análisis, generación de estadísticas y modelos, reportes de datos e información transparente y consistente en el tiempo para la toma de decisiones relacionadas con la gestión del cambio climático (MinAmbiente, 2023).

Algunos de los objetivos enmarcados dentro del SNICC son:

- Consolidar los datos e información oficial generada y reportada por los diferentes sistemas y herramientas de información que lo conforman, entre ellos el Singei.
- Proveer los datos e información para orientar la toma de decisiones en materia de políticas, regulación, gestión, planificación e investigación relacionada con cambio climático.
- Fortalecer los procesos de difusión y acceso a la información sobre cambio climático.
- Facilitar los procesos para la gestión de información en materia de cambio climático.
- Establecer las reglas para la integración e interoperabilidad con el SIAC y los demás sistemas, instrumentos y herramientas que generen información oficial sobre cambio climático de las entidades territoriales y sectoriales.

Asimismo, dentro de la organización temática del SNICC, se encuentra el Sistema de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (Singei), que está diseñado para apoyar al Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación de las acciones de mitigación a nivel nacional y centralizar la recolección y procesamiento de información para la estimación y proyección de GEI y emisiones de contaminantes criterio y carbono negro. Este facilitará la elaboración de los BTR, CNCC y los demás informes nacionales, sectoriales y departamentales que se requieran con respecto a los GEI, contaminantes criterio y carbono negro en el país.

El Singei cuenta con una serie de procesos aplicados para la generación del Ingei. De igual manera, el Singei dispone de un conjunto de protocolos asociados al archivo de información, la compilación y reporte de información, la consulta de expertos (enfocado específicamente para el sector agricultura), el control y aseguramiento de la calidad, e indicadores, los cuales garantizan la gestión de información, trazabilidad y calidad de los datos generados.

Con base en lo anterior, en la figura 3, se presentan los procesos aplicables del Singei (1-6), así como el detalle del proceso de control y aseguramiento de calidad (CC0-CC5), que se realiza de manera transversal a cada proceso.

Figura 3. Control y aseguramiento de calidad del Ingei



Fuente: Protocolo de control y aseguramiento de calidad (CC/AC) y verificación del Singei para Colombia (2024).



2. Metodología

2.1 Desarrollo metodológico

El Ingei se elabora en conformidad con las recomendaciones de las Decisiones 5/CMA.3 y 18/CMA.1 (orientaciones para la puesta en práctica de las modalidades, procedimientos y directrices del marco de transparencia reforzada y del marco de transparencia para la acción y el apoyo al que se refiere el artículo 13 del Acuerdo de París).

Adicionalmente, se emplean las “Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” (IPCC, 2006; IPCC, 2019) en complemento con el Suplemento de 2013 (Humedales), la “Guía de buenas prácticas y gestión de la incertidumbre”, de las Directrices del IPCC de 2006, y la “Guía técnica para la elaboración de inventarios de emisiones de contaminantes atmosféricos” (EMEP-EEA, 2019), desagregada por subcategoría NFR para la estimación de contaminantes criterio y carbono negro.

El inventario proporciona información de los siguientes contaminantes atmosféricos: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), perfluorocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}), carbono negro (CN), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (en adelante, COVDM).

2.2 Fuentes de información

Las fuentes de información son relevantes en la elaboración del inventario, ya que determinan la precisión de las emisiones estimadas. Estas fuentes incluyen diferentes entidades gubernamentales, centros de investigación y gremios de distintos sectores, lo que permite establecer un plan de trabajo continuo, para garantizar la coherencia de los datos y la calidad de los resultados. En la siguiente figura se resumen las principales fuentes de información por cada sector del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (en adelante, IPCC):

Procesos industriales y uso de productos (IPPU)

DANE (ECG), Procemco, ANDI-Cámara Procultivos y empresas del sector, Ecopetrol, DANE (EAM), UPME (Simco), WSA, Empresas del sector, UTO (MinAmbiente), XM, Banco Mundial.

Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (LULUCF)

DANE, IGAC, Ideam (SMBYC), ICA, MinAgricultura, MinEnergía, MRVme, UPRA, Fedegán-Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible (GCS), FNC, Fedepalma, Indicadores e Informes de Gestión (Bogotá, Cali, Medellín), FAO, Ideam (SNIF, IFN y TNC).

Contaminantes criterio y carbono negro

UPME (BECO), UPME (Sicom), Ecopetrol, SUI, MinTransporte (RNMA), EPA, DIAN, UPME (SIPG), Swisscontact-Calac+, Aerocivil, RUNT, LEAP-NDC 2020, Ideam (OSPA), PERS, ANH, Empresas cementeras, Procemco, DANE (EAM), DANE (CSM), DANE (CEED), ANDI-Cámara Procultivos, Cerro Matoso, Fedegán, FAO, ICA, Fenavi, Porkcolombia, UPRA, MinAgricultura, SSPD, Ideam (Respel), DANE (ECV), DANE (Censo Nacional de Población y Vivienda), Ideam (RUA manufacturero) (otras fuentes asociadas a los sectores).

Figura 4. Fuentes de información por cada sector del IPCC en el Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Antropogénicas de GEI, Contaminantes Criterio y Carbono Negro

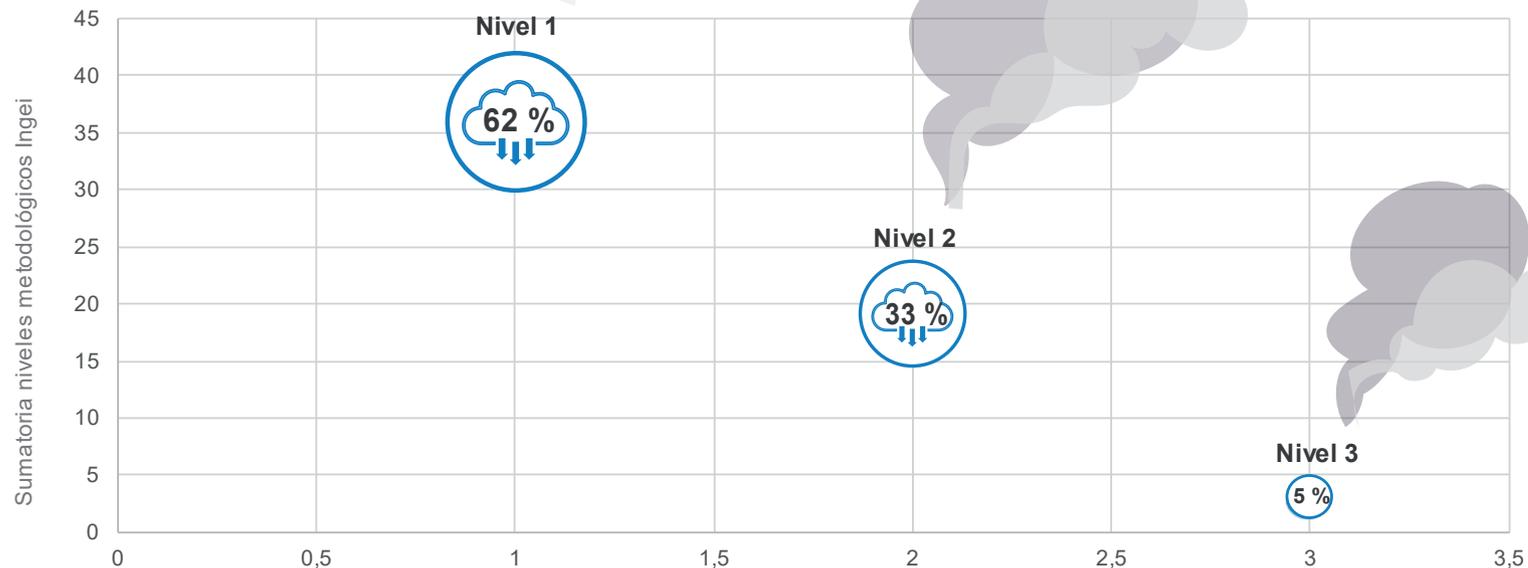


2.3 Niveles metodológicos del Ingei de Colombia

Siguiendo las orientaciones del IPCC (2006), los métodos aplicados en cada categoría y/o subcategoría son definidos mediante árboles de decisión. Estos pueden ser variables dependiendo de la importancia que tiene una categoría dentro del inventario y la disponibilidad de información en el país.

A continuación, se muestra de forma general la contribución de los niveles metodológicos dentro del inventario nacional de GEI:

Figura 5. Participación por nivel metodológico en el Ingei, 1990-2021



En el caso del Inventario de Carbono Negro y Contaminantes Criterio, el 64 % de las categorías se estiman en nivel 1; el 27 %, en nivel 2, y el restante 9 %, en nivel 3.

2.4 Mejoras metodológicas frente al Inventario anterior (BUR 3)

Las mejoras implementadas en el Ingei, identificadas con respecto al reporte anterior del inventario, incluido en el reporte bienal de actualización (BUR 3), incluyen la actualización de metodologías, la inserción de nuevas fuentes de información, la implementación de mesas técnicas con los sectores, la consulta de expertos, entre otros. Estas acciones han permitido que el proceso de las estimaciones sea eficiente, de alta calidad y coherente con el contexto nacional. A continuación, se presenta un resumen de las mejoras implementadas:

Figura 6. Mejoras metodológicas implementadas

Energía



En la subcategoría 1.A.1.a Producción de electricidad pública y calor, el cálculo se realizó relacionando el consumo de diésel con la población de las zonas denominadas como no interconectadas ZNI.

Se estima separadamente la emisión de la subcategoría 1.A.2.b. de la subcategoría 1.A.2.a., gracias a mesas técnicas con la empresa productora de níquel contenido en ferromineral y el apoyo del equipo MRVme.

Se incluyen los consumos de combustible desagregados de diésel, gas natural y petróleo para la subcategoría 1.A.3.e.ii.

Desarrollo de mesas de trabajo con el Servicio Geológico Colombiano, la Unidad de Planeación Minero Energética y el Ministerio de Minas y Energía para identificar las acciones que se realizarán, tendientes a la actualización de los factores de emisión en este sector.

IPPU



Participación en mesas técnicas con Mincit, Procemco y Ficem para estandarizar la metodología de estimación de emisiones.

Actualización del supuesto sobre la relación entre sinter y arrabio para estimar los tipos de acero producidos en el país.

Actualización del factor de emisión de CO₂ mediante colaboración con Cerro Matoso S. A. y el equipo MRVme.

Sustitución de datos de importación de clínker utilizando los datos reportados por Procemco de 2013 a 2021 y la actualización de la producción de cemento gris de la ECG (DANE).

Ajuste del factor de emisión para el periodo 1990-2021, en colaboración con la empresa productora y el equipo MRVme, trasladando emisiones del consumo de combustible en producción de níquel subcategoría 1.A.2.b.

LULUCF

Nuevas categorías:

4.A.1.b que estima las emisiones de CO₂ por la degradación del bosque natural.

4.B.1.k Marañón con información de contenidos de carbono en biomasa y suelos obtenida a partir de Agrosavia-Proyecto Biocarbono.

4.E.1 Asentamientos que permanecen como tales: estimaciones de pérdidas y ganancias por la gestión del arbolado urbano (siembras de nuevos árboles y talas).

Actualización de factores: contenidos de carbono para estimaciones por deforestación, degradación y regeneración con la última actualización del IFN; contenidos de carbono de cultivos de cacao y marañón con información de Agrosavia-Proyecto Biocarbono; factores de biomasa en plantaciones forestales con datos de la Universidad del Tolima-Proyecto Biocarbono.

Datos de actividad: se actualizan las estimaciones por deforestación con datos desagregados a nivel de bosque núcleo y bosque fragmentado.





Agricultura

Avance de nivel metodológico 2 para la región Orinoquía en las subcategorías 3.D.1.c. orina y estiércol depositados por animales en pastoreo, 3.C.1. arroz riego, 3.C.2. arroz seco, desarrollado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical y Proyecto Biocarbono.

Se ajustan los datos de actividad utilizando información del DANE y Fedearroz.

Participación de mesas técnicas para dar retroalimentación de resultados en las consultorías que desarrollaron los factores de emisión de orina y estiércol depositados en pasturas y arroz riego y seco en la región de la Orinoquía.

Actualización de los datos de actividad de fertilizantes inorgánicos, como cal y urea, y manejo de residuos de cultivo mediante la consulta nacional de expertos agropecuarios.



Residuos

Actualización de la caracterización de residuos sólidos por ciudad.

Identificación de la cantidad de residuos peligrosos que van a incineración en el registro Respel.

Identificación de fuentes de información alternativas para la estimación de emisiones de GEI.

Actualización de los factores de emisión ponderados con base en información de RUA manufacturero de 2015-2021.

- **Metodología de nivel 3 dentro del Ingei**

Las estimaciones bajo un nivel 3 en el inventario nacional implican el uso de modelos y datos más refinados adaptados a las circunstancias del país. En este caso, la metodología se aplica para la estimación de emisiones producto de la combustión de diésel en vehículos fuera de ruta, como maquinaria móvil empleada en sistemas agrícolas, sector residencial, construcción (maquinaria amarilla), así como equipo de apoyo en tierra de los aeropuertos, motosierras y montacargas. Los cálculos siguen las Directrices del IPCC de 2006 y del EMEP/EEA de 2019, con base en factores de emisión provenientes de UPME-Fecoc y el proyecto Swisscontact-Calac+.

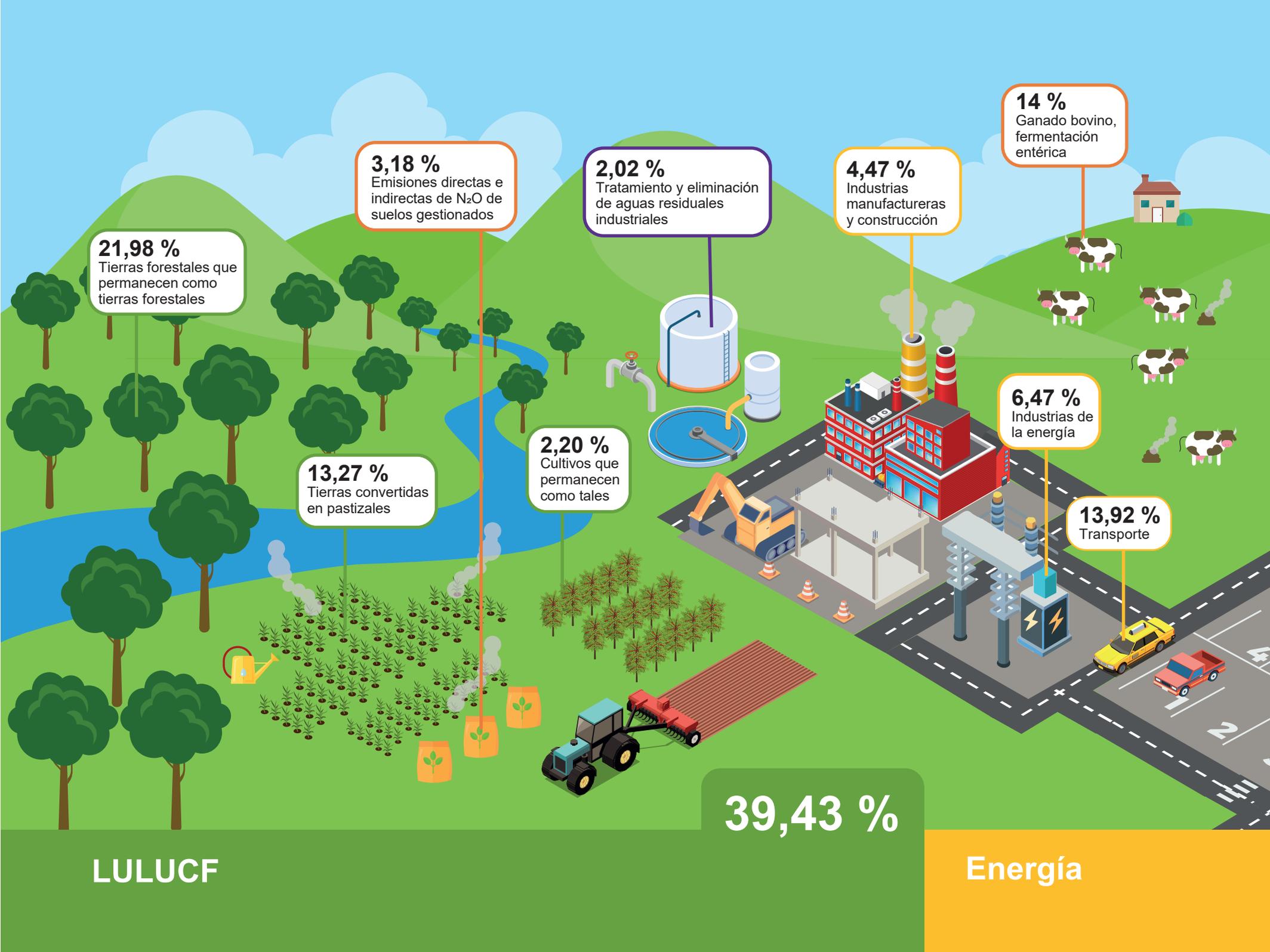


3. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero, contaminantes criterio y carbono negro en Colombia.

3.1 Inventario de Emisiones y Absorciones de GEI, 1990-2021

Los resultados correspondientes al Informe del Inventario (1990-2021), elaborado en 2024, incluyen las fuentes y sumideros en los que se cuenta con información disponible, siguiendo los principios establecidos en las Directrices del IPCC de 2006, y sus refinamientos de 2019, y el protocolo de control y aseguramiento de calidad del Ingei.



14 %
Ganado bovino, fermentación entérica

4,47 %
Industrias manufactureras y construcción

2,02 %
Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

3,18 %
Emisiones directas e indirectas de N₂O de suelos gestionados

6,47 %
Industrias de la energía

13,92 %
Transporte

2,20 %
Cultivos que permanecen como tales

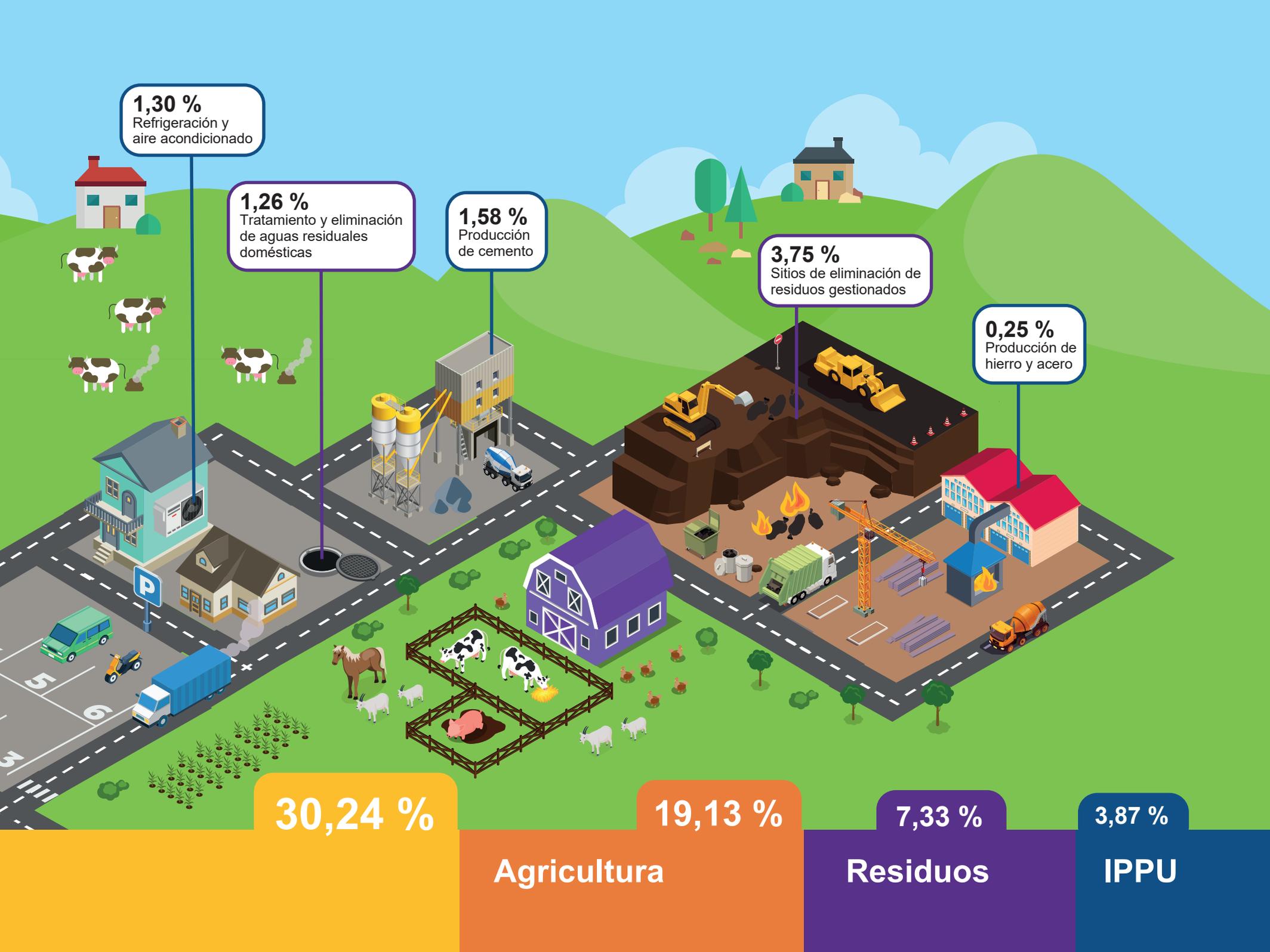
13,27 %
Tierras convertidas en pastizales

21,98 %
Tierras forestales que permanecen como tierras forestales

39,43 %

LULUCF

Energía



1,30 %
Refrigeración y
aire acondicionado

1,26 %
Tratamiento y eliminación
de aguas residuales
domésticas

1,58 %
Producción
de cemento

3,75 %
Sitios de eliminación de
residuos gestionados

0,25 %
Producción de
hierro y acero

30,24 %

19,13 %
Agricultura

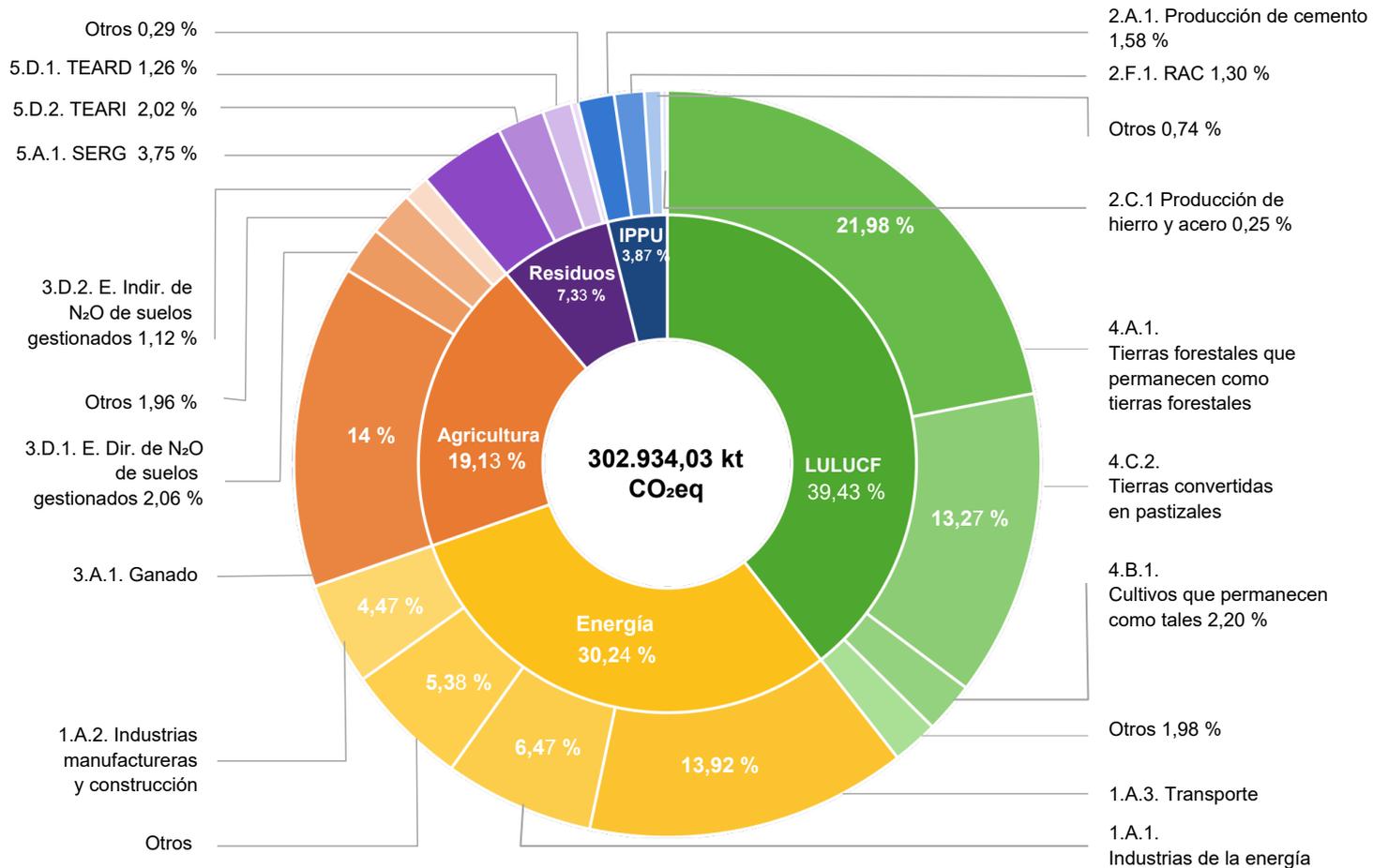
7,33 %
Residuos

3,87 %
IPPU

3.1.1 Emisiones y absorciones de GEI para el año 2021

Las emisiones netas para el año 2021 cuantifican 280.101,98 kt CO₂eq, con emisiones totales de 302.934,03 kt CO₂eq y 22.832,04 kt CO₂eq de absorciones. En la siguiente figura se resumen las emisiones totales por módulo y subcategoría para el año 2021:

Figura 7. Emisiones totales de GEI por módulo y subcategoría en 2021



Donde SERG: Sitios de eliminación de residuos gestionados; TEARD: Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas; TEARI: Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales; RAC: Refrigeración y aire acondicionado; E. Dir: Emisiones directas; E. Indir: Emisiones indirectas.

El 34,49 % de las emisiones netas se generan en el sector de LULUCF; el 32,71 %, en energía, y el 20,69 %, en agricultura, tal como se observa en la figura 8. Estas, en su mayoría, son emisiones de CO₂ y CH₄ (figura 9).

Figura 8. Participación por módulo del IPCC en las emisiones netas de 2021

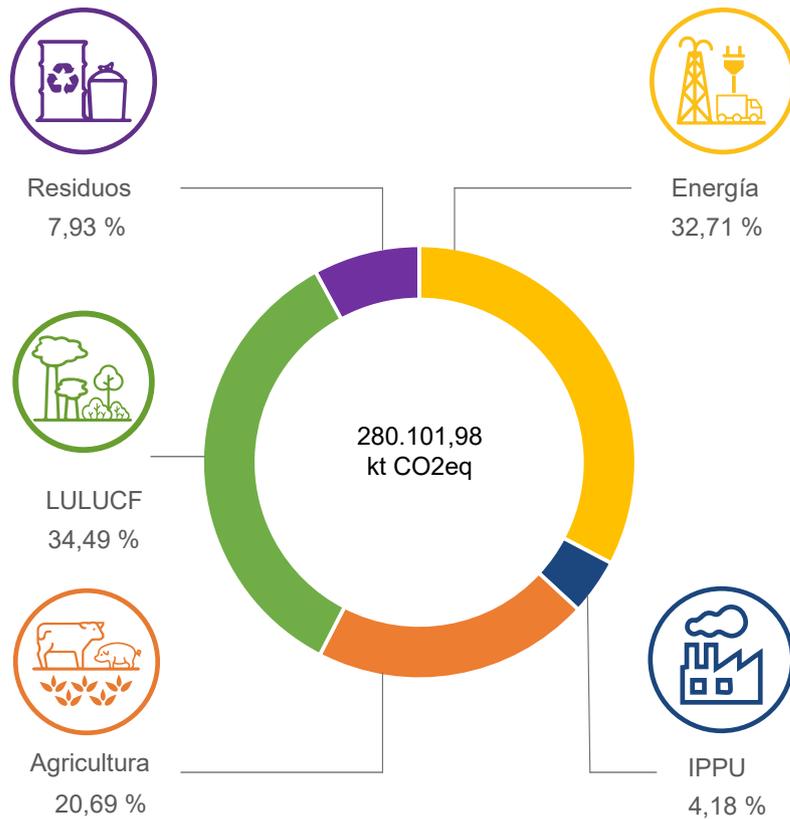
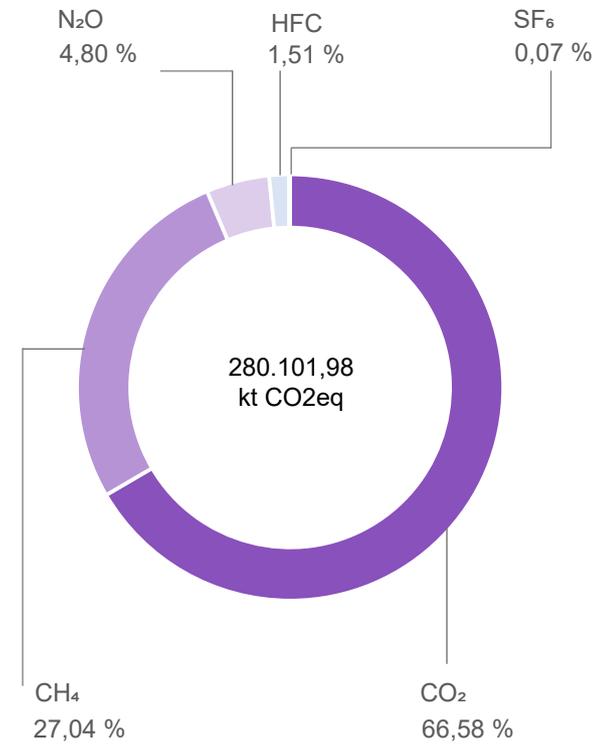
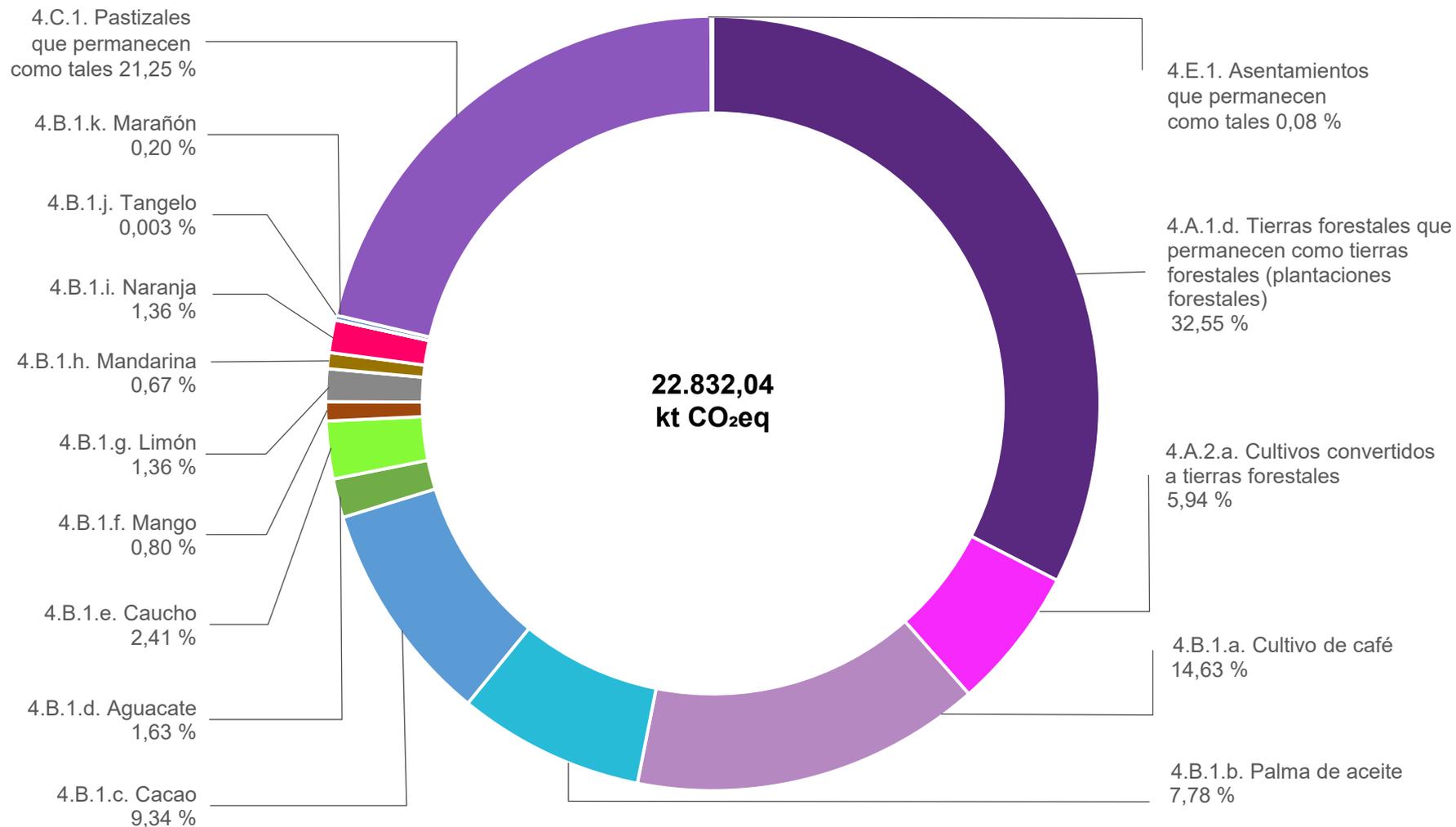


Figura 9. Participación por GEI en las emisiones netas de 2021



Es de resaltar que las absorciones reportadas pertenecen al módulo de LULUCF con actividades asociadas al crecimiento de cultivos permanentes (principalmente café, palma de aceite y cacao), plantaciones forestales y sistemas silvopastoriles (figura 10).

Figura 10. Absorciones de CO₂ en el año 2021



En la siguiente tabla se encuentran los datos totalizados de las emisiones y absorciones de GEI del año 2021.

Tabla 1. Emisiones y absorciones de GEI, año 2021

FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	CO ₂ equivalente (kt)								
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	Mezcla no especificada de HFC y PFC	SF ₆	NF ₃	Total
Total (Emisiones netas)	186.498,09	75.752,29	13.433,41	4.218,30	0,26	NO	199,63	NO	280.101,98
1. Energía	83.173,09	7.224,33	1.213,13						91.610,55
1.A. Combustión de combustibles	80.783,71	2.351,15	1.204,39						84.339,25
1.A.1. Industrias energéticas	19.553,97	10,20	29,70						19.593,86
1.A.2. Industrias manufactureras y construcción	13.343,63	68,89	122,50						13.535,02
1.A.3. Transporte	41.149,39	263,68	757,52						42.170,58
1.A.4. Otros sectores	6.736,73	2.008,38	294,68						9.039,79
1.A.5. Otros	NO	NO	NO						NO
1.B. Emisiones fugitivas de combustibles	2.389,38	4.873,19	8,74						7.271,31
1.B.1. Combustibles sólidos	97,37	2.225,99	NA,NE						2.323,36
1.B.2. Petróleo y gas natural y otras emisiones procedentes de la producción de energía	2.292,02	2.647,19	8,74						4.947,94
1.C. Transporte y almacenamiento de CO ₂	NO								NO
2. Procesos industriales y uso de productos	6.666,65	7,05	629,57	4.218,30	0,26	NO	199,63	NO	11.721,47
2.A. Industria mineral	5.186,30	NO	NO						5.186,30
2.B. Industria química	484,85	6,74	629,57	NO	NO	NO	NO	NO	1.121,17
2.C. Industria metalúrgica	971,76	0,31	NO	NO	NO	NO	NO	NO	972,06
2.D. Productos no energéticos procedentes de combustibles y uso de disolventes	23,75	NA,NO	NA,NO						23,75
2.E. Industria electrónica			NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.F. Usos de productos como sustitutos de SAO				4.218,30	0,26	NO	NO	NO	4.218,56
2.G. Fabricación y uso de otros productos	NO	NO	NE,NO	NO	NE,NO	NO	199,63	NO	199,63
2.H. Otros	NA,NO	NA,NO	NA,NO	NO	NO	NO	NO	NO	NA,NO

FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	CO ₂ equivalente (kt)								
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	Mezcla no especificada de HFC y PFC	SF ₆	NF ₃	Total
3. Agricultura	271,73	46.963,33	10.722,78						57.957,85
3.A. Fermentación entérica		44.504,73							44.504,73
3.B. Gestión del estiércol		1.937,56	1.097,29						3.034,85
3.C. Cultivo del arroz		521,05							521,05
3.D. Suelos agrícolas		NA	9.625,49						9.625,49
3.E. Quema prescrita de sabanas		IE	IE						IE
3.F. Quema de residuos agrícolas en el campo		IE	IE						IE
3.G. Encalado	54,00								54,00
3.H. Aplicación de urea	217,73								217,73
3.I. Otros fertilizantes que contienen carbono	NE								NE
3.J. Otros	NE	NE	NE						NE
4. Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura	96.009,24	477,78	116,04						96.603,06
4.A. Tierras forestales	57.796,85	38,17	11,71						57.846,73
4.B. Tierras de cultivo	-1.869,35	373,53	104,04						-1.391,79
4.C. Pastizales	36.989,89	0,26	0,29						36.990,44
4.D. Humedales	1.742,58	65,82	NE,NO						1.808,41
4.E. Asentamientos	96,82		NE						96,82
4.F. Otras tierras	883,58								883,58
4.G. Productos madereros	368,87								368,87
4.H. Otros	NO	NO	NO						NO

FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	CO ₂ equivalente (kt)								
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	Mezcla no especificada de HFC y PFC	SF ₆	NF ₃	Total
5. Residuos	377,37	21.079,79	751,89						22.209,05
5.A. Eliminación de residuos sólidos		11.682,54							11.682,54
5.B. Tratamiento biológico de residuos sólidos		NE	NE						NE
5.C. Incineración y quema al aire libre de residuos	377,37	182,99	22,95						583,31
5.D. Tratamiento y vertido de aguas residuales		9.214,25	728,94						9.943,20
5.E. Otros	NO	NO	NO						NO
6. Otros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Memo items:									
1.D.1. Búnkeres internacionales	414,27	0,61	2,53						417,41
1.D.1.a. Aviación	294,86	0,26	1,57						296,69
1.D.1.b. Navegación	119,41	0,35	0,96						120,72
1.D.2. Operaciones multilaterales	IE	IE	IE						IE
1.D.3. Emisiones de CO₂ de la biomasa	33.130,53								33.130,53
1.D.4. CO₂ capturado	NO								NO
5.F.1. Almacenamiento a largo plazo de C en vertederos	NO								NO
N₂O indirecto			NE						
CO₂ indirecto	NE								
Emisiones totales de CO₂ equivalente sin LULUCF									183.498,92
Emisiones totales equivalentes de CO₂ con LULUCF									280.101,98
Emisiones totales equivalentes de CO₂, incluido el CO₂ indirecto, sin LULUCF									183.498,92
Emisiones totales equivalentes de CO₂, incluido el CO₂ indirecto, con LULUCF									280.101,98

3.1.2. Tendencia de emisiones de GEI (1990-2021)

La tendencia de emisiones de GEI de 1990 a 2021 muestra que las emisiones netas de CO₂ equivalente durante los últimos 3 años estimados (2019-2021) tienden a estabilizarse, dado que presentan ligeras variaciones porcentuales, las cuales detienen la tendencia creciente mostrada durante el periodo 2015-2018. En la figura 11 se presenta la tendencia de emisiones por módulo del IPCC (1990-2021), y en la figura 12 se expone el promedio de participación por sector.

Figura 11. Tendencia de emisiones de GEI en Colombia por módulo del IPCC (1990-2021)

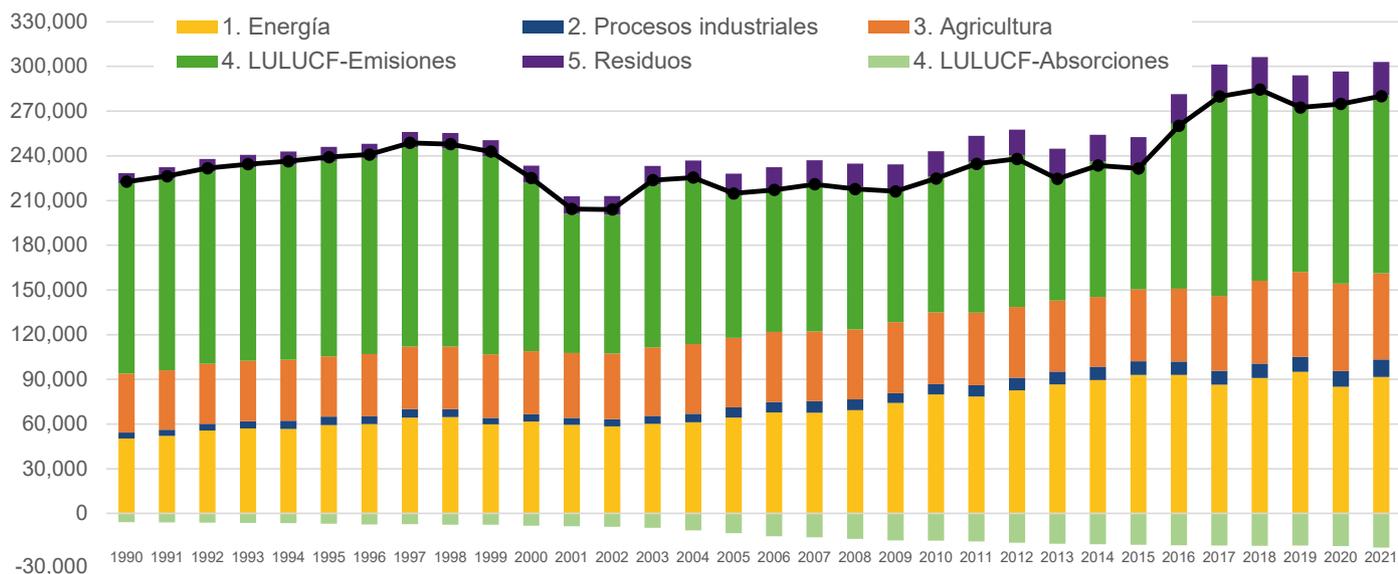
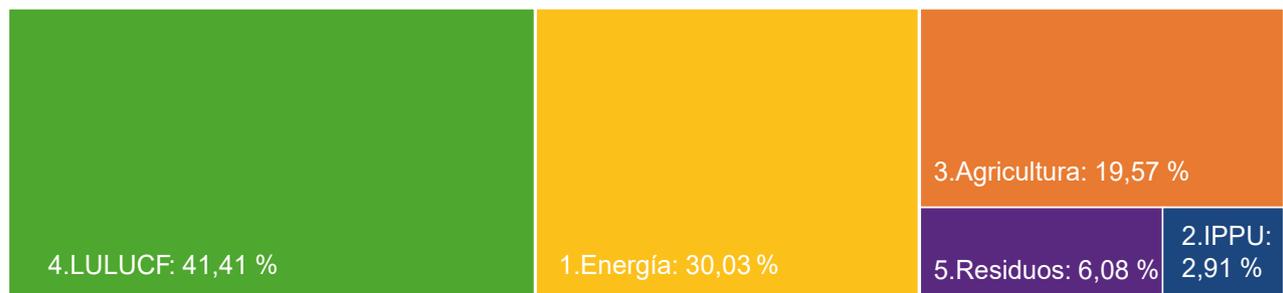


Figura 12. Participación promedio histórica en las emisiones netas de GEI por módulo del IPCC (1990-2021)



En la figura 13 se presenta la tendencia de emisiones por GEI (1990-2021), y en la figura 14 se muestra el promedio histórico de participación.

Figura 13. Tendencia de emisiones de GEI (1990-2021)

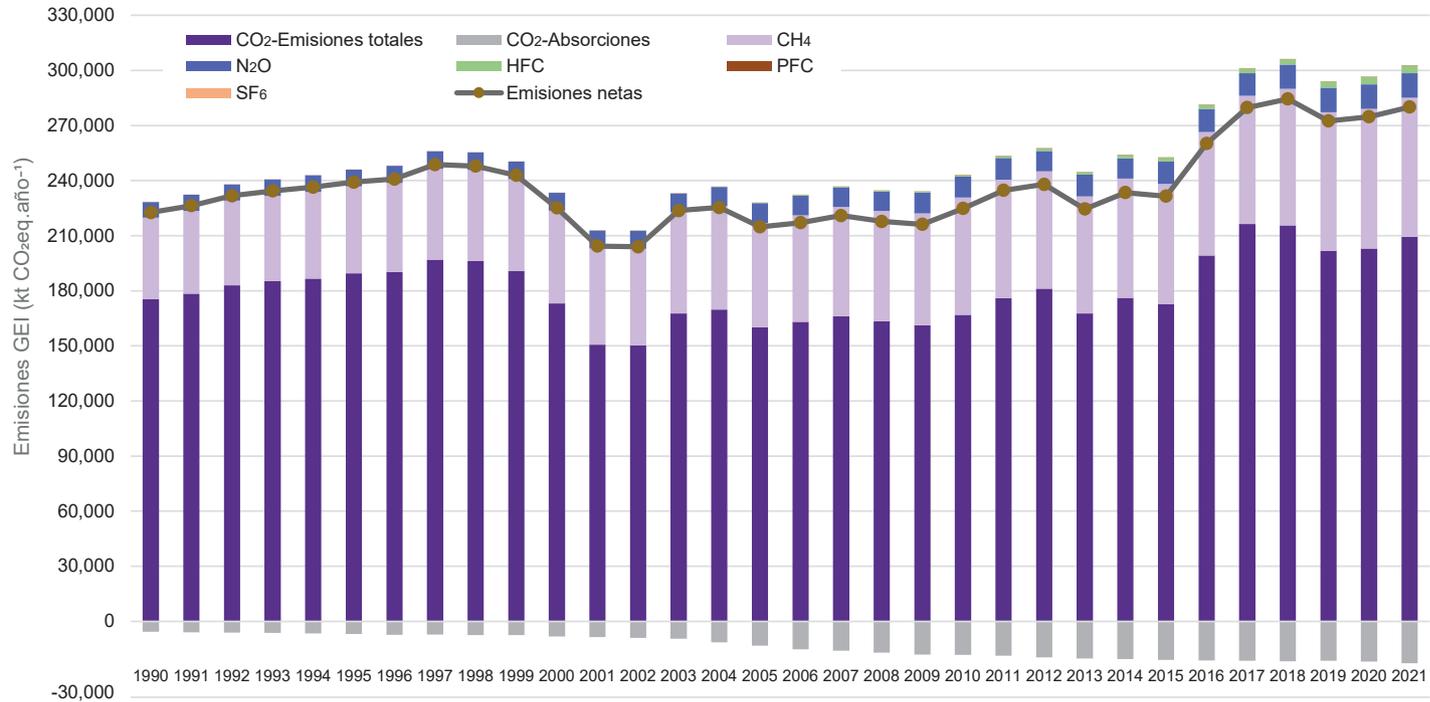


Figura 14. Participación promedio histórica por GEI en las emisiones netas (1990-2021)



En la figura 15 se observa la tendencia de absorciones (1990-2021) pertenecientes al módulo de LULUCF, y en la figura 16 se presenta la participación histórica promedio por subcategoría.

Figura 15. Tendencia de absorciones de CO₂ (1990-2021)

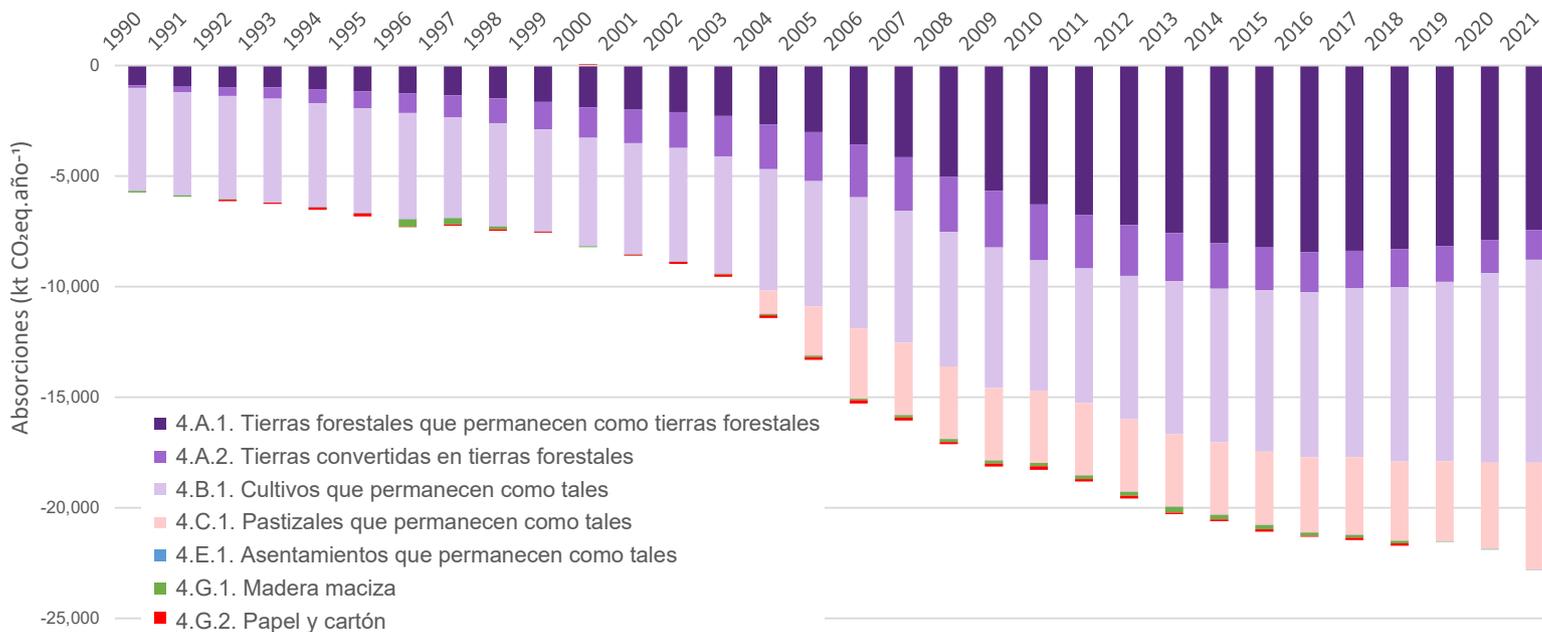
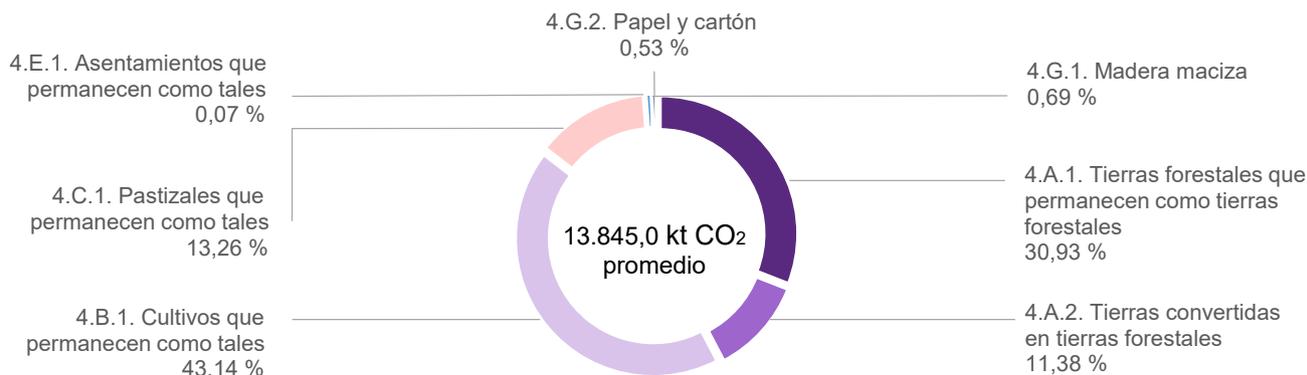


Figura 16. Participación promedio histórica en absorciones de CO₂ (1990-2021)



3.1.3 Emisiones de GEI por sector



Energía

El sector de energía es el segundo con mayor representatividad en la serie histórica, ya que refleja el 30,03 % de las emisiones totales del país. Las emisiones de este módulo para la serie histórica de 1990 a 2021 pasaron de 50.237,01 kt CO₂eq a 91.610,55 kt CO₂eq, lo cual refleja un incremento del 82,36 % y una tasa de crecimiento anual compuesta del 1,95 %. Para la vigencia 2020, las emisiones disminuyen en un 10,60 % respecto al año anterior, debido a la pandemia por covid-19, la cual repercutió principalmente en los consumos de combustibles del sector transporte.

El sector transporte representa el 39,14 % del total de las emisiones del módulo, lo cual refleja el incremento en la circulación de vehículos en el país. Las industrias de la energía representan el 24,11 %, situación asociada principalmente a las actividades de producción de electricidad. Las industrias manufactureras y de construcción representan el 17,44 %, debido al consumo de combustibles en la industria de minerales no metálicos; la industria de alimentos, bebidas y tabaco; la fabricación de pulpa, papel e imprenta y productos químicos, principalmente.



Este módulo abarca las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O generadas por las actividades del país que se encuentran asociadas a la combustión de combustibles y emisiones fugitivas provenientes de minería de carbón, petróleo y gas natural. Se emplea en la mayoría de los casos la metodología de estimación descrita en las Directrices del IPCC de 2006 con un nivel metodológico 1 y factores de emisión por defecto. Sin embargo, para algunas subcategorías se cuenta con nivel 2 y factores de emisión nacionales. Puntualmente, en el sector transporte, se cuenta con el desarrollo de nivel metodológico nivel 3 y los avances en la desagregación del dato de actividad para la categoría de fuera de ruta.

Las emisiones del módulo para el año 2021 son de 91.610,55 kt CO₂eq (figura 17), de las cuales el 92,06 % de las emisiones corresponden a las actividades de quema de combustibles (1.A), cuya mayor participación es reflejada por el transporte (1.A.3) con el 46,03 %, acompañado de las industrias de la energía (1.A.1) con el 21,39 %. En menor proporción están las industrias manufacturera y de construcción (1.A.2.), representadas por el 14,77 %, y, finalmente, otros sectores (1.A.4), como el comercial, institucional, residencial, agrícola, entre otros, emiten un 9,87 %. El 7,94 % restante corresponde a todas las emisiones intencionales y no intencionales liberadas en la cadena de suministro de combustibles hasta la entrega al consumidor final (1.B), de las cuales el 5,40 % están relacionadas con las actividades de petróleo y gas natural (1.B.2), y el 2,54 %, con la minería carbonífera realizada a cielo abierto y subterránea (1.B.1) (figura 18).

Figura 17. Emisiones del módulo de energía por categoría y subcategoría en 2021

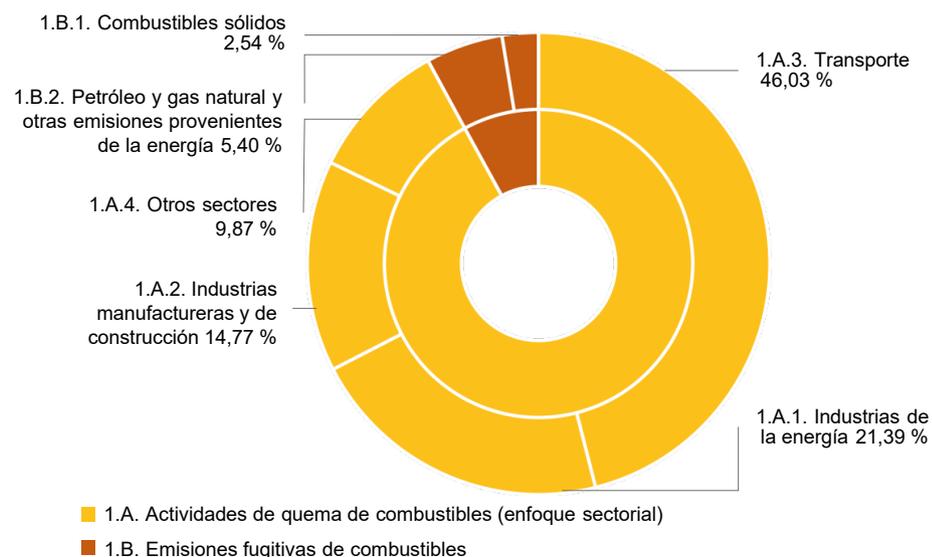
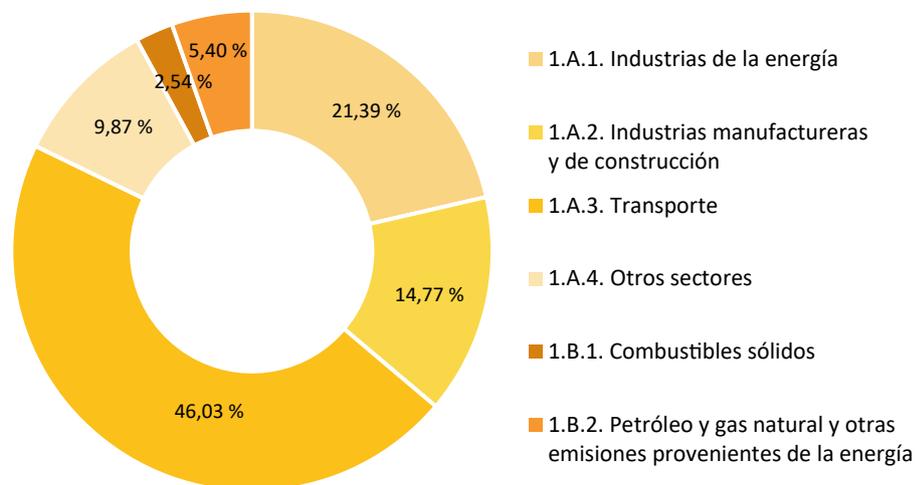


Figura 18. Participación por categoría en las emisiones del módulo de energía en 2021

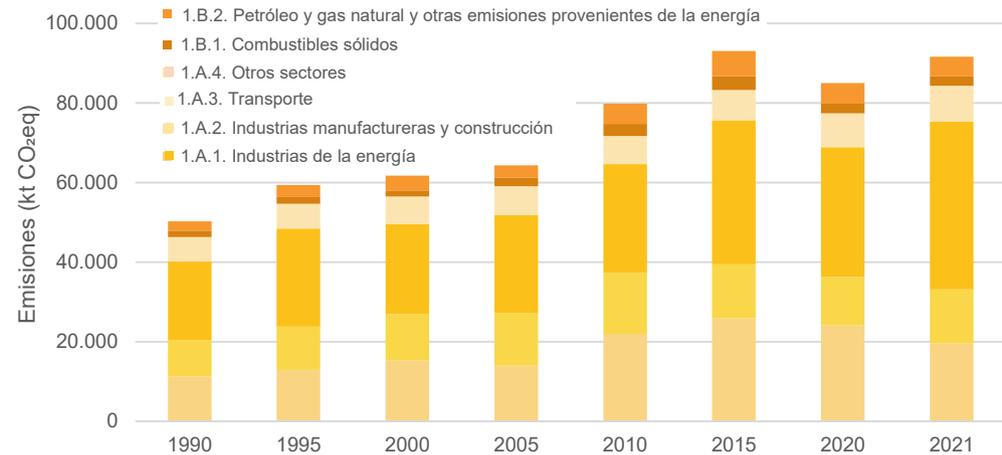


Respecto a los datos de actividad, se destaca que desde 2010 el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación Minero Energético (en adelante, MRVme), del Ministerio de Minas y Energía, es la principal fuente de información. Desde allí se recopilan y procesan los datos de actividad empleados para las estimaciones de gran parte de las categorías del módulo.

Adicionalmente, se emplean los datos publicados en el Balance Energético Colombiano (BECO) de la UPME, relacionados con los consumos energéticos en los diferentes sectores de consumo que tiene el país.

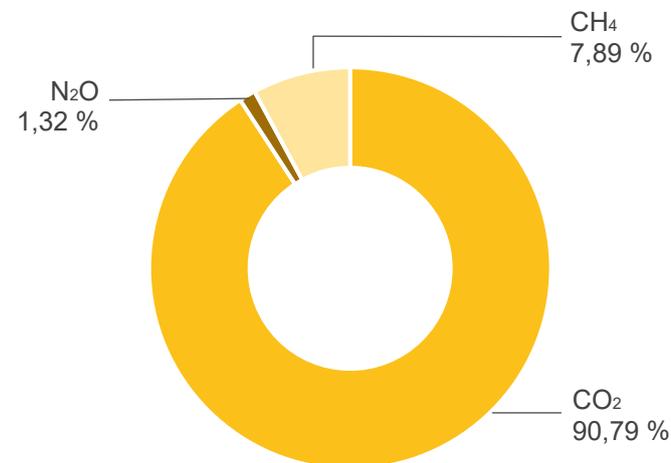
Las emisiones del sector energía tienen una tasa de crecimiento positiva: el sector 1.A.3. de transporte pasó de 19.773,24 kt CO₂eq a 42.171, 57 kt CO₂eq, representados por el transporte terrestre; seguido del sector 1.A.1. de industrias de la energía, que en el año 1990 representó 11.267,30 kt CO₂eq, y pasó a 19.593,85 kt CO₂eq en el año 2021, generado por un consumo de combustible para producir energía. En cuanto a las emisiones de 1.A.2. de las industrias manufactureras y de construcción, en el año 1990 se generaron 9.124,29 kt CO₂eq y en el 2021 se produjeron 13.535,02 kt CO₂eq. Estas categorías son las más representativas dentro del sector y se asocian al consumo de combustible y las actividades económicas (figura 19).

Figura 19. Evolución de emisiones del módulo de energía (1990-2021)



En el módulo de energía se resaltan las emisiones de CO₂ asociadas en mayor proporción a los procesos de quema de combustibles con fines energéticos, los cuales aportan el 90,79 % de las emisiones para la vigencia 2021. Por su parte, el CH₄ aporta el 7,89 % de las emisiones del 2021, las cuales se encuentran asociadas principalmente a las emisiones fugitivas (figura 20).

Figura 20. Participación por GEI en las emisiones del módulo de energía en 2021



Procesos industriales y uso de productos



El sector IPPU incluye las emisiones de CO_2 , CH_4 , N_2O y gases fluorados (HFC, PFC y SF_6) generadas a la atmósfera por los procesos productivos de la industria colombiana, el uso de productos y los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles. Se emplea en la mayoría de los casos la metodología de estimación descrita en las Directrices del IPCC de 2006 con el nivel metodológico 1 y los factores de emisión por defecto. Sin embargo, para algunas subcategorías, se cuenta con el nivel 2 y los factores de emisión nacionales.

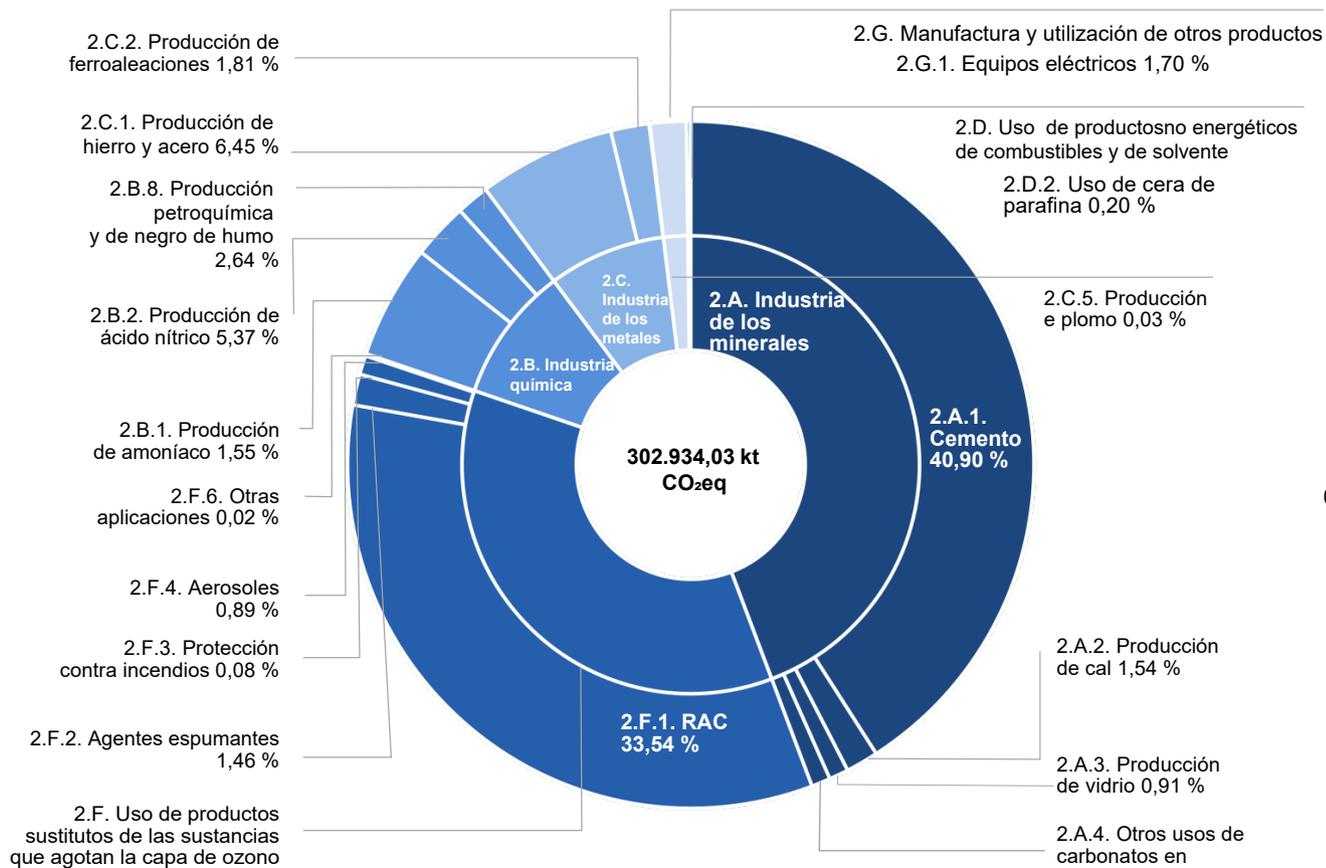
En el año 2021, la industria representó el 11,2 % del PIB nacional con la participación de industrias relacionadas con la fabricación de productos químicos, la petroquímica, los minerales no metálicos, los textiles, algunos alimentos y los metales. Se resalta que, de 2019 a 2020, el PIB de las industrias manufactureras presentó un decrecimiento del 7,53 %, por la contracción económica causada por la pandemia de covid-19. Sin embargo, entre 2020 y 2021, logró un crecimiento del 24,71 %, resultado de los esfuerzos por reactivar la economía nacional.



Las emisiones del sector para el año 2021 fueron de 11.721,47 kt CO₂eq, de las cuales el 44,25 % de las emisiones corresponden a la industria de los minerales (2.A), relacionadas principalmente con la producción de cemento (2.A.1). Asimismo, el 35,99 % de las emisiones de IPPU se ocasionan por el uso de sustancias sustitutas de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (2.F),

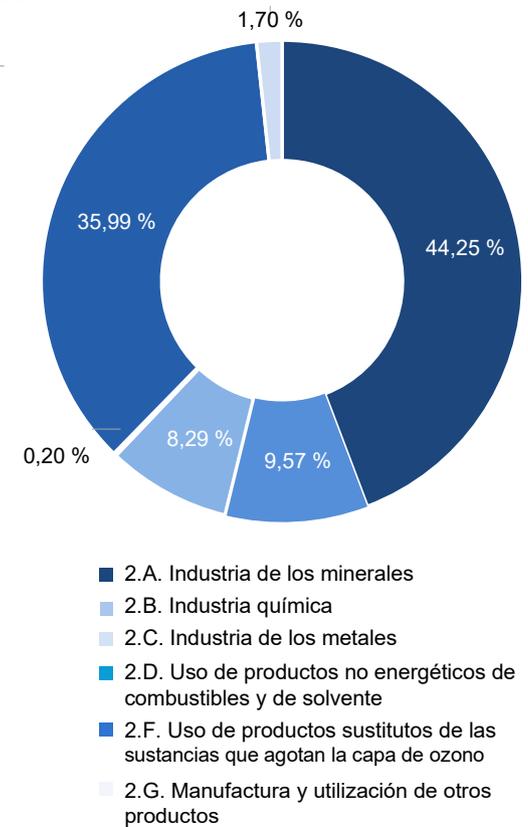
principalmente aquellas empleadas en la refrigeración y aire acondicionado (2.F.1), de las cuales se resalta el consumo de HFC-134a, HFC-125 y HFC-143a. En la figura 21 se plasman las emisiones por categoría y subcategoría del módulo IPPU en 2021, y en la figura 22 se enfatiza en las emisiones por categoría de dicho módulo.

Figura 21. Emisiones por categoría y subcategoría del módulo IPPU en 2021



Donde RAC: Refrigeración y aire acondicionado.

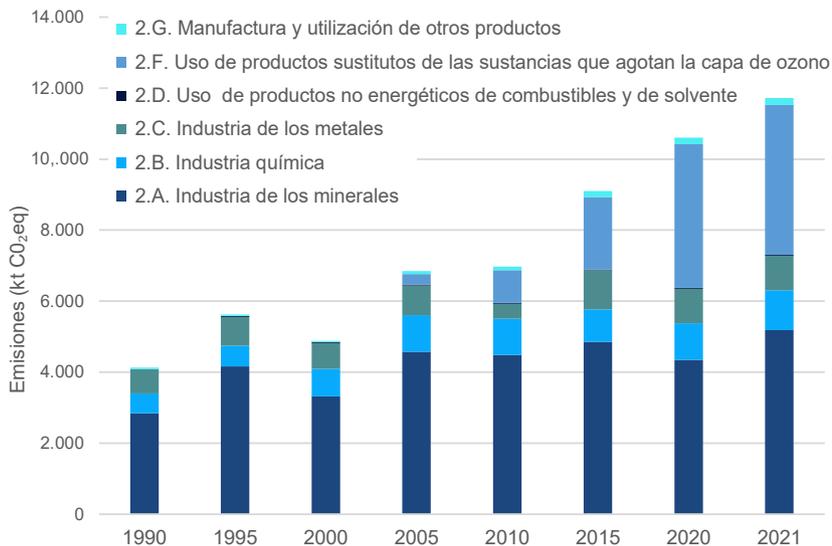
Figura 22. Participación por cada categoría en las emisiones del módulo IPPU en 2021



Con respecto a los principales datos de actividad para la industria colombiana y su estrecha relación con el comportamiento de las emisiones del sector, se destaca la producción de cemento gris a nivel nacional relacionada con la producción de clínker, fuente de emisión de la subcategoría 2.A.1. Dicha producción fue de 13,80 millones de toneladas de cemento gris en el año 2021, cifra que duplica la producción del año 1990.

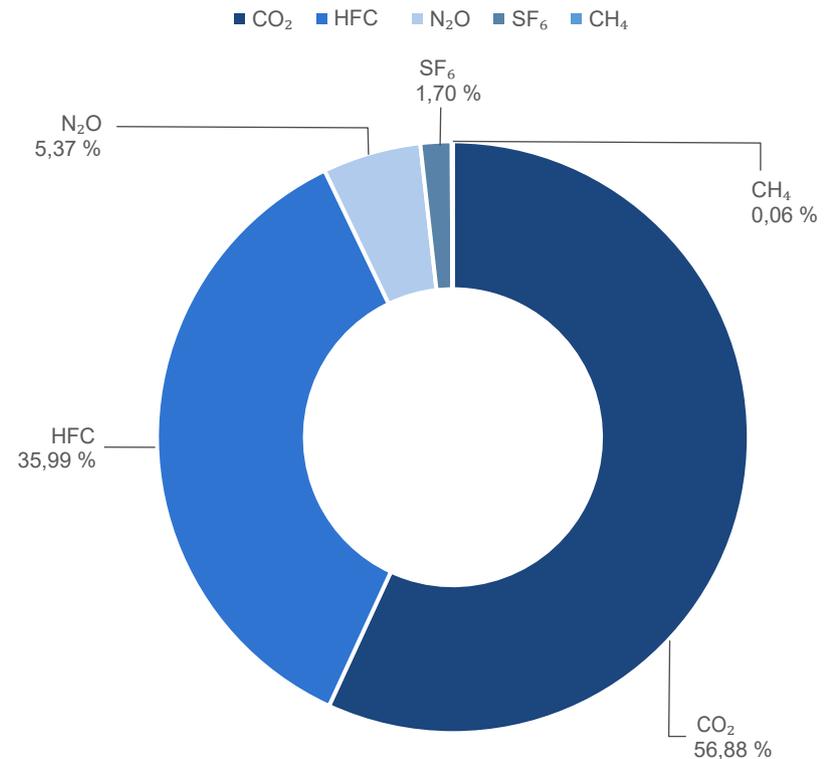
También se resalta la producción de amoníaco y ácido nítrico en la industria química (2.B), cuya producción fue de 107.254,00 y 315.924,18 toneladas, respectivamente, en 2021. Además, en el mismo año, en la industria de los metales (2.C), sobresale la importancia de la producción de hierro, con 749.890 toneladas; acero, con 1,34 millones de toneladas, y ferroníquel, con 125.482,15. En la figura 23 se presenta la evolución de las emisiones por categoría del módulo IPPU en el periodo 1990-2021.

Figura 23. Evolución de emisiones por categoría del módulo IPPU (1990-2021)



En el módulo IPPU sobresalen las emisiones de CO₂ vinculadas a los procesos de oxidación y calcinación, asociados a elevados usos de temperatura que se presentan en diferentes industrias. También se destaca la tendencia creciente de emisiones de HFC y PFC por el incremento del consumo de los sustitutos fluorados para las sustancias que agotan la capa de ozono (en adelante, SAO) desde el año 2001. En la figura 24 se puede observar la participación por GEI en las emisiones del módulo IPPU en el mismo año.

Figura 24. Participación por GEI en las emisiones del módulo IPPU en 2021





Agricultura

En el sector de agricultura se estiman las emisiones de metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2) en categorías asociadas a las siguientes condiciones: 1) la fermentación entérica y la gestión o el manejo del estiércol que abarca las emisiones de CH_4 y N_2O directo e indirecto, producido por las especies de bovinos, ovinos, porcinos, búfalos, caprinos, caballos, mulas y asnos y aves de corral; 2) las emisiones de CH_4 por la dinámica de inundación en el cultivo de arroz, y 3) las emisiones por la gestión de suelos agrícolas que incluyen las emisiones directas e indirectas de N_2O , el encalado y la aplicación de urea.



La cuantificación para la mayoría de las categorías se lleva a cabo siguiendo las orientaciones metodológicas de las Directrices del IPCC de 2019, utilizando los niveles metodológicos 1, 1 avanzado y 2 para las categorías más representativas del sector (aquellas asociadas a la ganadería bovina). En estas categorías se aplican factores de emisión de nivel 2, desarrollados a partir de información específica del país, que incluye la caracterización por región y subcategoría de los animales, así como aspectos de los sistemas de producción, el clima y la dieta. En el nivel 1 avanzado se utilizan factores de emisión predeterminados, que varían según las características de los sistemas de producción en el país, como es el caso de las especies porcinas y avícolas.

Finalmente, en otras categorías se aplican factores de emisión de nivel 1 (por defecto), debido a la ausencia de información específica de algunos parámetros de la estimación en el país o porque no representan segmentos significativos del sector.

En el año 2021, el sector de agricultura, caza, silvicultura y pesca participó con el 7,4 % del PIB nacional, dado el comportamiento presentado, de manera principal, en los cultivos transitorios y permanentes y la ganadería (DANE, 2022). La fluctuación de las emisiones en el sector agropecuario obedece en gran medida a las dinámicas de crecimiento de la población bovina, la cual ha pasado de 18.817.804 en 1990 a 27.973.390 de bovinos en 2021. En Colombia, la ganadería bovina es una de las actividades agropecuarias de mayor representatividad en la economía; participa con el 48,7 % del PIB pecuario y contribuye a la generación de empleo (810.000 empleos directos) (Fedegán, 2018).

En 2021, para el sector de agricultura, se cuantifica un total de emisiones de 57.957,85 kt CO₂eq, de las cuales el 76,79 % (44.504,73 kt CO₂eq) se atribuye a la categoría de fermentación entérica (3.A.), seguida de la categoría de emisiones directas e indirectas de N₂O de los suelos agrícolas (3.D.), con 16,61 % del total.

En menor proporción se presentan las emisiones asociadas a las categorías de gestión del estiércol (3.B.), cultivo de arroz (3.C.), aplicación de urea (3.H.) y encalado (3.G.), que contribuyen con 5,24 %, 0,90 %, 0,38 % y 0,09 %, respectivamente.

El incremento de las emisiones de la ganadería se relaciona con el aumento en el precio de la carne de res y la reducción de su consumo, el decrecimiento del sacrificio en general (Viloria de la Hoz, 2005), el uso creciente de productos sustitutos, como pollo y cerdo (Pertuz Martínez y Elías Caro, 2019), y la reducción de la participación de las hembras en el sacrificio, dada su función como activo generador de riqueza (DANE, 2010).

Por su parte, el aumento de las emisiones por la gestión de los suelos se atribuye a la cantidad de nitrógeno aplicado al suelo por las diferentes fuentes, principalmente los fertilizantes nitrogenados inorgánicos y la deposición de orina y estiércol de los animales en pasturas.

En la figura 25 se presentan las emisiones por categoría y subcategoría del módulo de agricultura en 2021, y en la figura 26 se focalizan las emisiones por categoría de dicho módulo.

Figura 25. Emisiones por categoría y subcategoría del módulo de agricultura en 2021

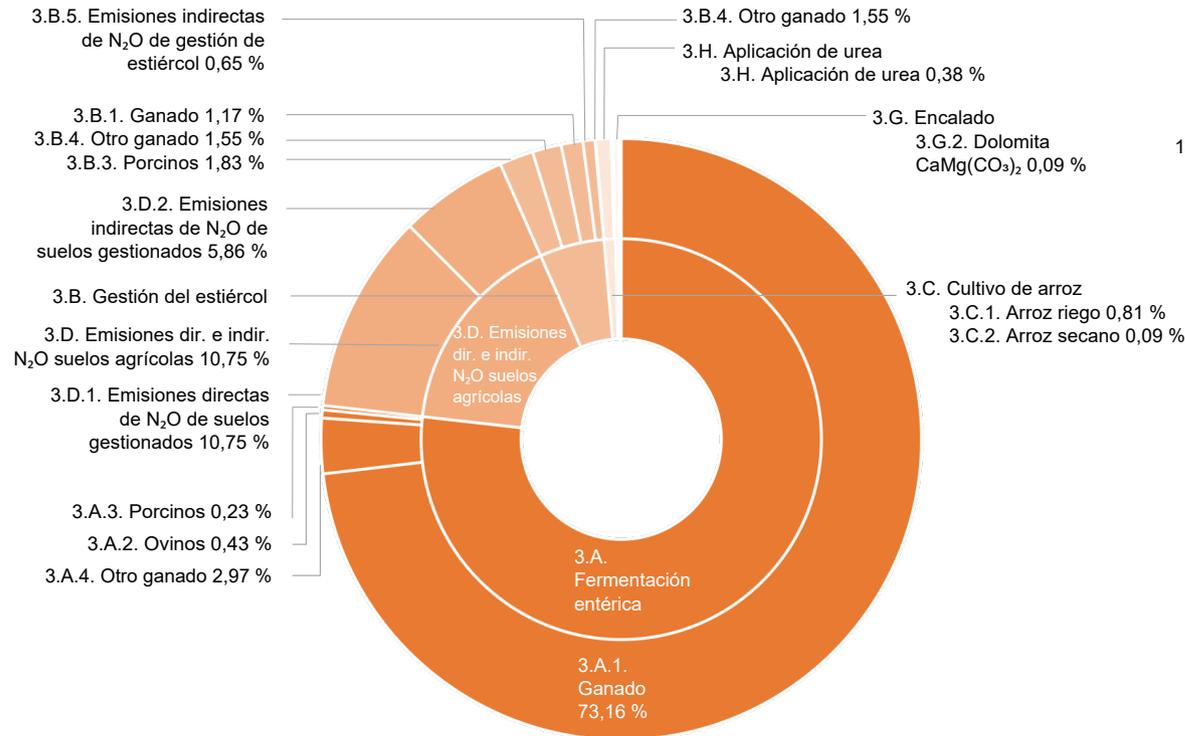
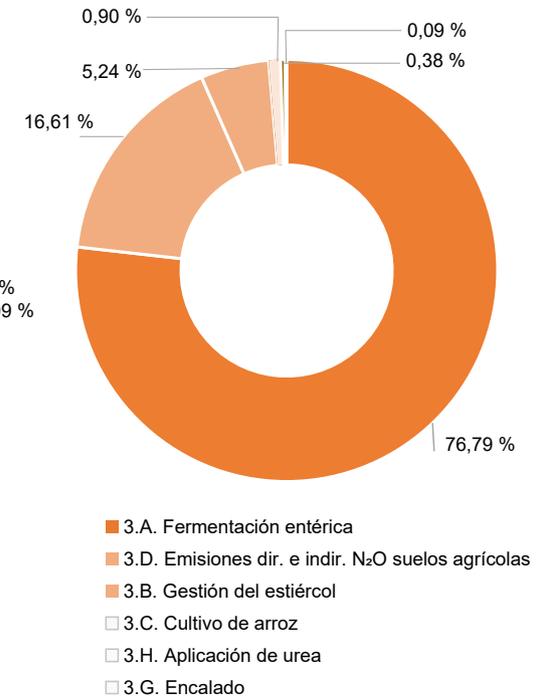


Figura 26. Participación por categoría en las emisiones del módulo de agricultura en 2021



Respecto a los principales datos de actividad utilizados en el sector y su impacto en el comportamiento de las emisiones, se destacan el número de animales bovinos, cerdos, aves y otras especies pecuarias estimadas en las categorías de fermentación entérica (3.A.) y gestión del estiércol (3.B.).

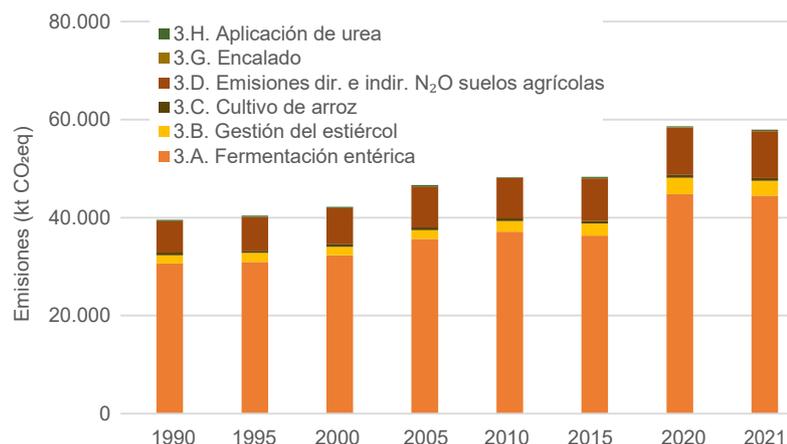
Los datos son proporcionados por ICA-Fedegán, FAOSTAT, entre otros. Es de resaltar que en el país los bovinos se clasifican en diferentes grupos: 1) vacas de alta producción, 2) vacas de baja producción, 3) vacas

destinadas a la producción de carne, 4) toros utilizados con fines reproductivos, 5) terneros predestetados, 6) novillas de reemplazo y 7) ganado de engorde. Los años 2020 y 2021 presentan las mayores emisiones en la tendencia (figura 27), y están en correlación con el incremento del número de bovinos en el país: 28.245.262 y 27.973.390 cabezas de ganado, respectivamente (ICA, 2021). Existen varios factores que han influido en el incremento de las emisiones; dentro de estos se puede mencionar el contrabando de animales desde Venezuela, lo cual aumenta el número de bovinos (Contexto

Ganadero, 2019); las protestas sociales que agudizan la tasa de extracción del ganado (Contexto Ganadero, 2017); los fenómenos de variabilidad climática (MinAgricultura, 2020) y la pandemia del virus covid-19 que estableció medidas de precaución en las plantas de beneficio. La pandemia también influyó en el descenso en el consumo de carne, resultado atribuible a la caída de ingresos de los consumidores (Burkart et al., 2020; Contexto Ganadero, 2020; MinAgricultura, 2020). Es importante señalar que el sacrificio y producción de carne de ganado bovino ha disminuido en los últimos años; por ejemplo, presentó una caída del 20,1 % entre 2013 y 2021, lo que se ha reflejado en el aumento del tamaño del inventario.

Entre otros datos de actividad, en la categoría de suelos agrícolas (3.D.), se destacan adicionalmente las cantidades de nitrógeno aplicado al suelo por diferentes fuentes. Los principales insumos incluyen los fertilizantes inorgánicos —cuya información fue proporcionada por MinAgricultura y la consulta nacional de expertos agropecuarios— y el nitrógeno proveniente de orina y estiércol de animales que se encuentran en pasturas —datos del inventario animal (ICA, 2021)—. Sobre estas fuentes se resalta que en 2021, se reportó una producción de 370.357 toneladas de nitrógeno de fertilizantes inorgánicos y 1.063.119 toneladas de nitrógeno a partir de orina y estiércol. Adicionalmente a estos datos, sobresale la importancia de las áreas de suelos orgánicos cultivados y la cantidad de nitrógeno mineralizado en suelos minerales, información extraída del mapa geopedológico del IGAC (2018). También se consideran las áreas sembradas de los principales cultivos agrícolas del país, cuyos datos son proporcionadas por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (en adelante, UPRA) y otras instituciones relevantes como Fedepalma, Fedecacao y Fedecafé. En la figura 27 se presenta la evolución de emisiones del sector de la agricultura en el periodo 1990-2021.

Figura 27. Evolución de emisiones del módulo de agricultura (1990-2021)



En el módulo de agricultura, la participación de emisiones de CH₄ corresponde a 81,03 % proveniente de la fermentación entérica y la gestión del estiércol de diversas especies pecuarias. Esto equivale a 46.963,33 kt CO₂eq. Le sigue el N₂O, que aporta el 18,50 % (10.722,78 kt CO₂eq), debido a las cantidades de nitrógeno incorporadas a los suelos agrícolas. Finalmente, en menor proporción se estima que el CO₂ constituye el 0,47 % (271,73 kt CO₂ eq), asociado a la aplicación de cal dolomita y urea. En la figura 28 se presenta la participación por GEI en las emisiones del módulo de agricultura en 2021.

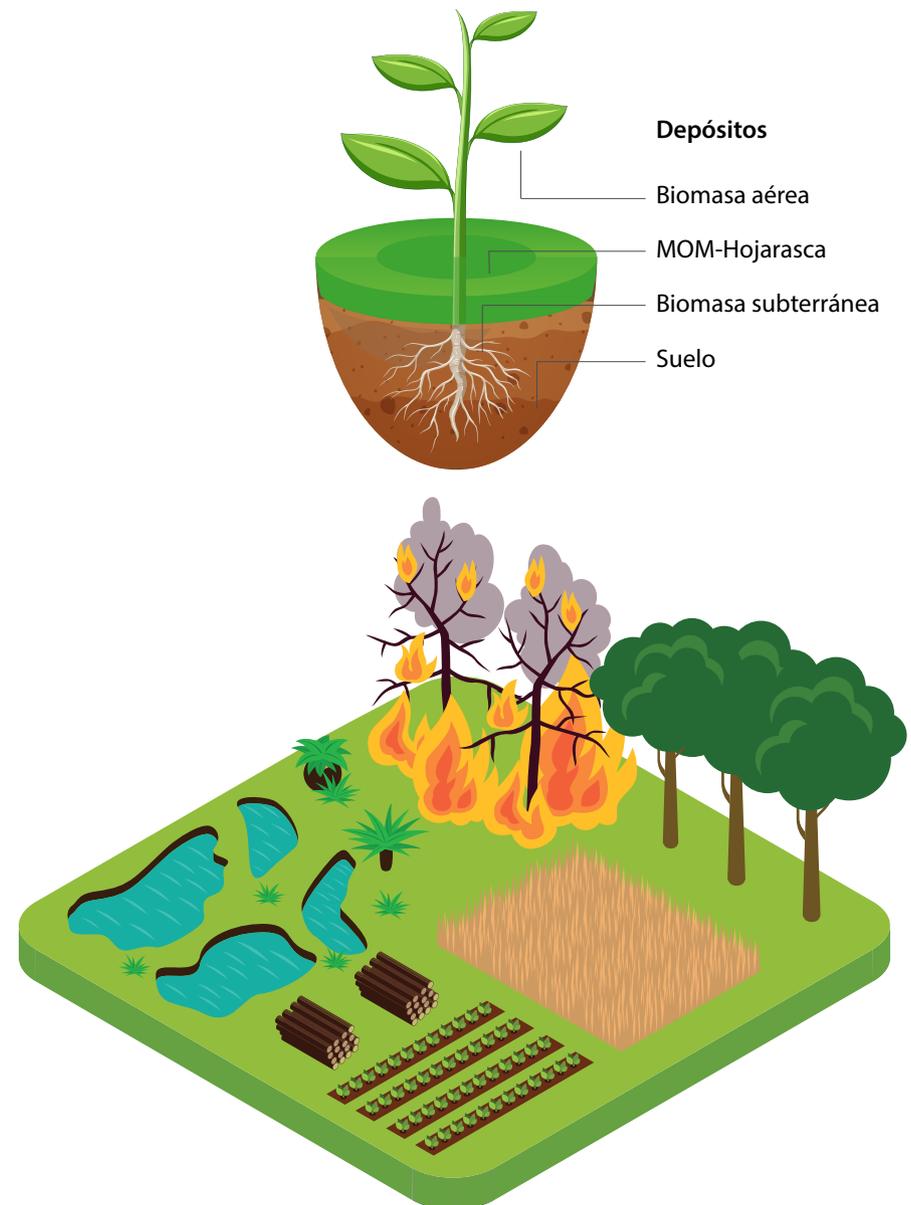
Figura 28. Participación por GEI en las emisiones del módulo de agricultura en 2021



Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra



El sector de silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (en adelante, LULUCF) reporta las emisiones y absorciones de CO_2 por las pérdidas y ganancias de carbono en la biomasa aérea, la biomasa subterránea, la hojarasca y los suelos en áreas de tierras forestales, cultivos, pastizales, humedales, asentamientos y otras tierras que han sido sometidas a la intervención antrópica. También se presentan las emisiones de CH_4 y N_2O asociadas principalmente a la ocurrencia de incendios y la difusión de CH_4 en tierras inundadas para la generación de energía eléctrica. A fin de realizar la contabilidad de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector LULUCF, se considera que todas las tierras son manejadas, dado que hasta el momento el país no cuenta con la información requerida para realizar esta desagregación.



Para la estimación de emisiones en el sector LULUCF, se siguen las Directrices del IPCC de 2006 y las actualizaciones planteadas para el sector en el Refinamiento de las Directrices del IPCC de 2019. En la mayoría de las subcategorías se utilizan el nivel metodológico 2, que incluye datos de actividad y factores de emisión específicos del país, y el nivel metodológico 1c, con el cual se emplean datos de actividad desagregados del país y factores de emisión del IPCC seleccionados por defecto, atendiendo características específicas del país. Asimismo, se emplea el método 1 de representación coherente de las tierras para las estimaciones de las categorías que permanecen en el mismo uso, tales como consumo de leña, plantaciones forestales, cultivos permanentes, sistemas silvopastoriles, embalses, arbolado urbano y quema de biomasa. Para la aplicación del método en estas categorías, se cuenta con datos de área total del uso de la tierra, pero no existe información de las conversiones entre los usos de la tierra. Por otro lado, el método 3 se usa en los casos en que se cuenta con información de la superficie total del uso de la tierra y de las conversiones a otros usos de manera espacialmente explícita, como ocurre con las estimaciones por deforestación y degradación del bosque natural.

El comportamiento de las emisiones del sector LULUCF está relacionado principalmente con las dinámicas de pérdida del bosque natural (deforestación), que ha alcanzado alrededor de los 3 millones de hectáreas deforestadas en el periodo 2001-2021, con un promedio anual de pérdida del bosque natural de 151.500 hectáreas (González, 2018). Otras actividades que tienen relevancia dentro del sector son la degradación del bosque natural con un promedio de 137.423 hectáreas de bosque natural degradado en el periodo 2013-2021 (MinAmbiente-Ideam, 2024); la siembra y cosecha de nuevas áreas de plantaciones forestales comerciales que para el año 2021 contaba con un total de 522.573 hectáreas plantadas (MinAgricultura, 2023) y las siembras y renovaciones de cultivos

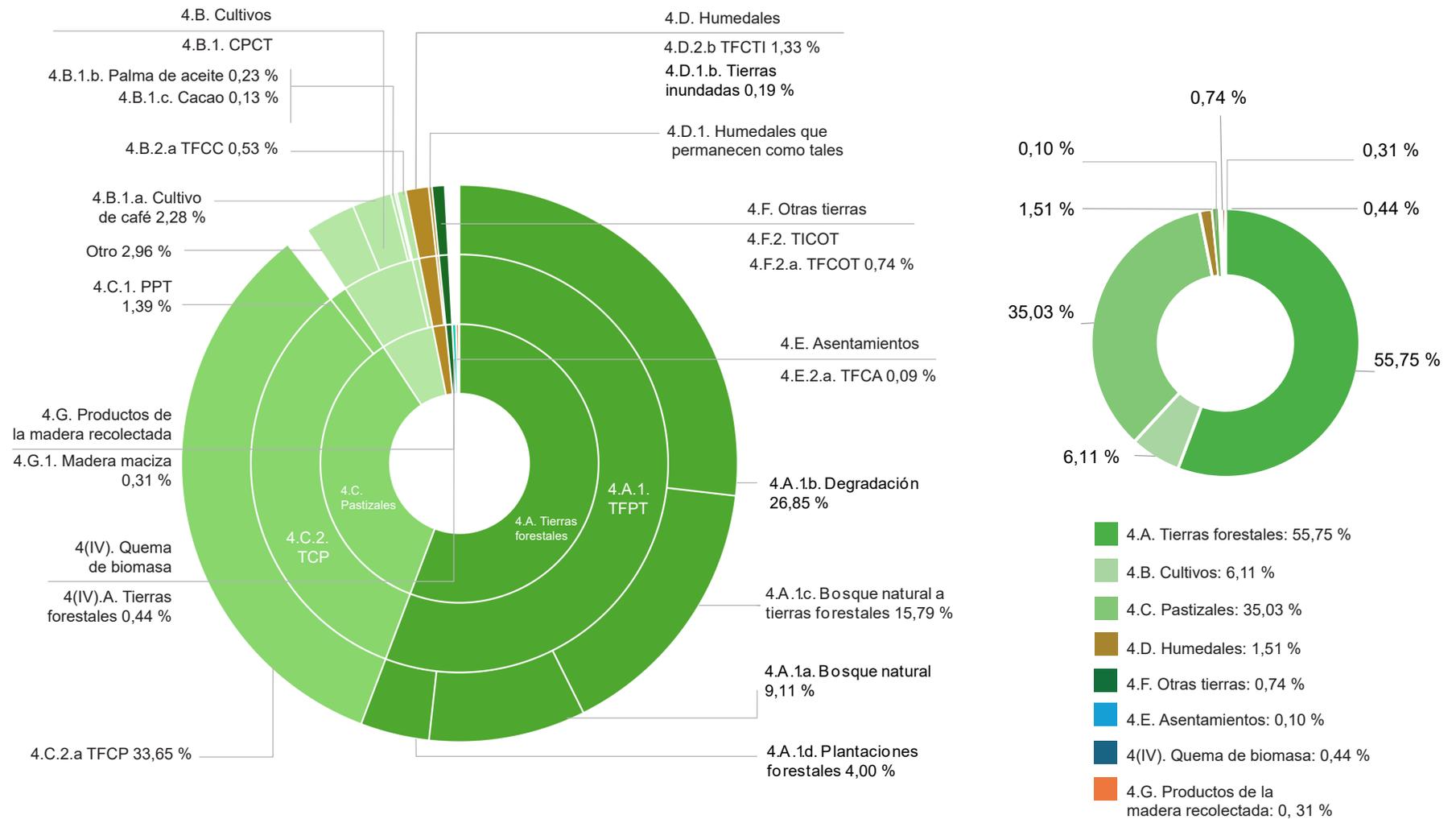
permanentes, de los cuales sobresalen el cacao, la palma y el café con 224.465, 576.043 y 833.011 hectáreas sembradas al año 2021, respectivamente (MinAgricultura-Agronet, 2024; UPRA-Agronet, 2024).

Para el año 2021, las emisiones totales netas del sector reportan un total de 96.603,06 kt de CO₂eq, de las cuales la mayor contribución corresponde a la categoría de tierras forestales (4.A.), que representa el 55,75 % y un total de 66.586,47 kt CO₂eq. En esta categoría son reportadas las emisiones por la deforestación del bosque natural que se convierte en otras tierras forestales, la degradación del bosque natural, las cosechas de plantaciones forestales y el consumo de leña para la cocción de alimentos en la población rural.

La siguiente categoría en importancia corresponde a pastizales (4.C.), con el 35,03 % del total (41.842,75 kt CO₂eq), que presenta las emisiones por la conversión del bosque natural en áreas de pastos. Otras emisiones de importancia están asociadas a las subcategorías de cultivos (4.B.), con 6,11 %; humedales (4.D.), con 1,51 %; asentamientos (4.E.), con 0,10 %; otras tierras (4.F.), con 0,74 %; productos de la madera recolectada (4.G.), con 0,31 %, y quema de biomasa (4[IV]), con 0,44 % (figura 29). En la figura 31 se presenta la evolución de emisiones del módulo LULUCF en el periodo 1990-2021.

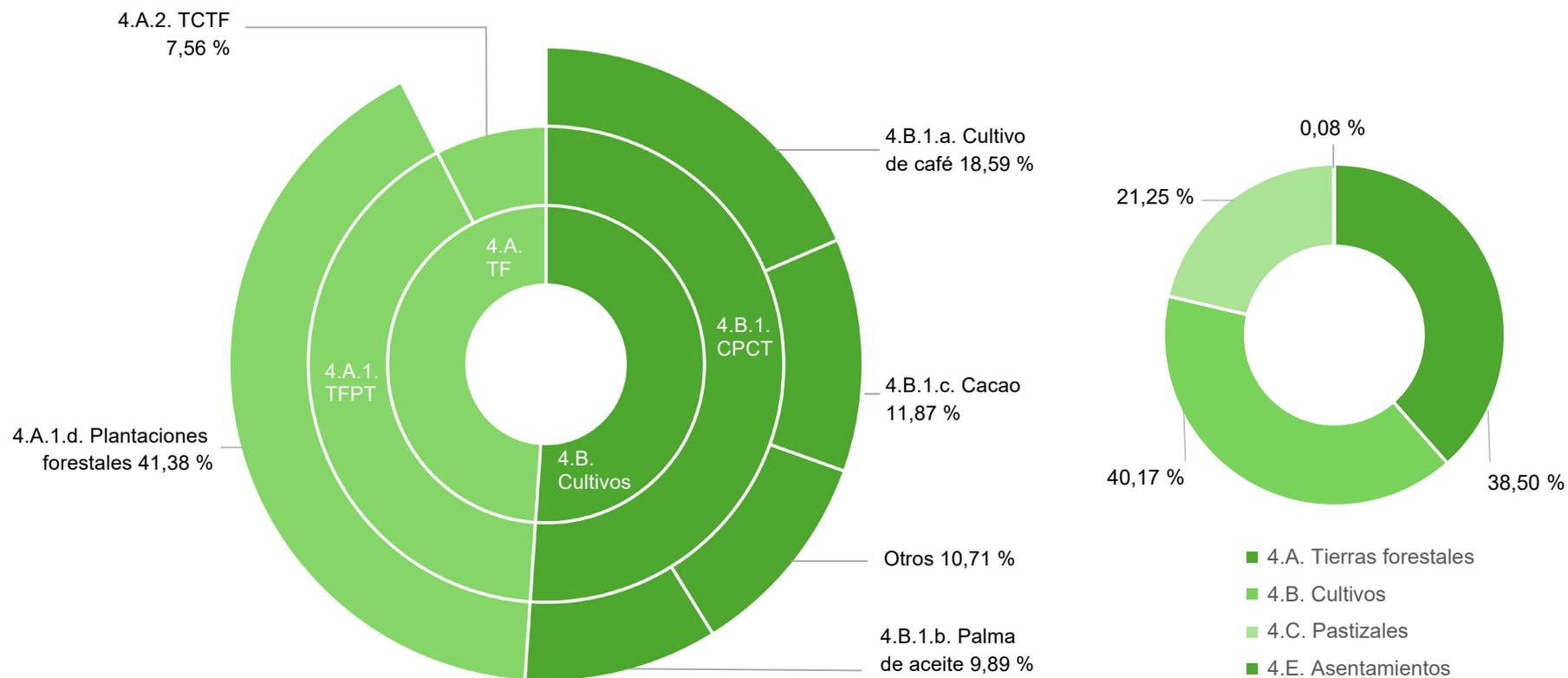
El sector de LULUCF es el único que reporta absorciones dentro del total del inventario de emisiones, relacionadas con la absorción de CO₂ en el proceso de fotosíntesis de las plantas. Para el año 2021, se estima un total de -22.817,10 kt CO₂, reportadas dentro de las subcategorías de cultivos (4.B.), con una participación del 40,17 % de las absorciones (-9.171,91 kt CO₂eq); tierras forestales (4.A.), con 38,50 %; pastizales (4.C.), con 21,25 %, y, finalmente, la categoría de asentamientos (4.E.), con el 0,08 %, en la que se presentan las absorciones por el crecimiento de árboles plantados en áreas urbanas (figura 30).

Figura 29. Participación de las emisiones por categoría y subcategoría del módulo LULUCF en 2021



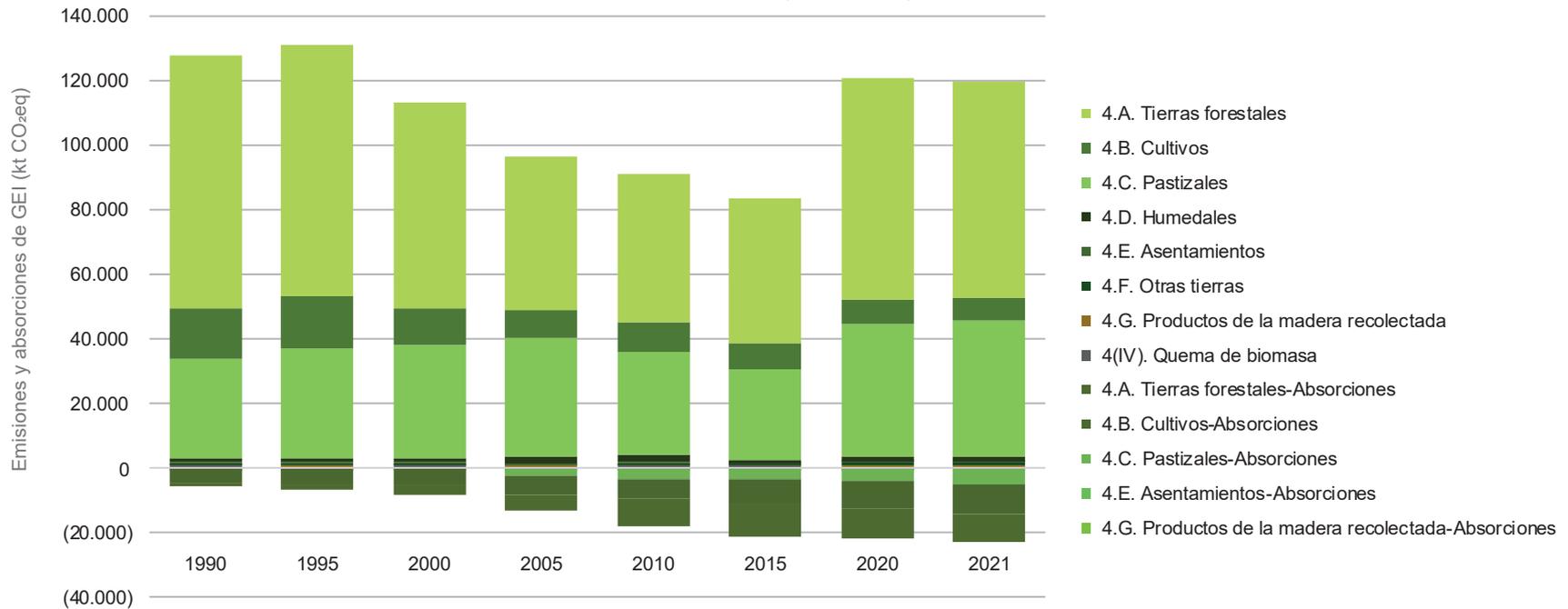
Donde TCOT: Tierras convertidas en otras tierras; TFCOT: Tierras forestales convertidas en otras tierras; APT: Asentamientos que permanecen como tales; TCA Tierras convertidas en asentamientos; TFCA: Tierras forestales convertidas en asentamientos; HPT: Humedales que permanecen como tales; TCH: Tierras convertidas en humedales; TFCTI: Tierras forestales convertidas en tierras inundadas; PPT: Pastizales que permanecen como tales; TCP: Tierras convertidas en pastizales; TFCP: Tierras forestales convertidas en pastizales; CPCT: Cultivos que permanecen como tales; TCC: Tierras convertidas en cultivos; TFPT: Tierras forestales que permanecen como tales.

Figura 30. Participación de las absorciones por categoría del módulo LULUCF en 2021



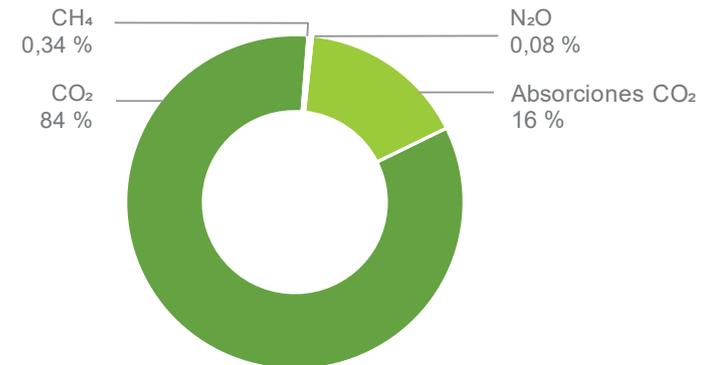
Donde CPCT: Cultivos que permanecen como tales; TFPT: Tierras forestales que permanecen como tales; TCTF: Tierras convertidas en tierras forestales; TF: Tierras forestales.

Figura 31. Evolución de emisiones del módulo LULUCF (1990-2021)



En términos de emisiones por gases, la mayor representación para el módulo LULUCF corresponde al CO₂ con el 83,53 % (118.841,29 kt CO₂eq), y, en términos de absorciones de CO₂, se cuantifica el 16,05 % (-22.832,04 kt CO₂eq). El CH₄ es el 0,34 % de las emisiones (477,78 kt de CO₂ eq), asociadas a la difusión de este gas en la lámina de agua en embalses para la generación de energía eléctrica y por incendios en tierras forestales, cultivos y pastizales. Finalmente, en menor proporción el N₂O contribuye con 0,08 % (116,04 kt de CO₂ eq), generado por incendios, al igual que el CH₄. En la figura 32 se plasma la participación por GEI en las emisiones del módulo de LULUCF en 2021.

Figura 32. Participación por GEI en las emisiones del módulo de LULUCF en 2021





Residuos

En el sector de residuos se estiman las emisiones de metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2), derivadas de la disposición final de residuos sólidos y líquidos. Para el sector, se utiliza la metodología descrita en las Directrices del IPCC de 2006, con el nivel metodológico 2 en la mayoría de las categorías y con los factores de emisión por defecto.

Las emisiones de GEI para el año 2021 presentan un aumento del 1 % respecto al 2020. Este aumento obedece principalmente al aumento de la población y, por ende, a la mayor generación de residuos, así como a la reactivación económica del país, con la apertura progresiva de actividades productivas y de servicios restringidos por la pandemia del covid-19.

En el 2021, las emisiones de GEI corresponden a 22.209,05 kt CO_2eq , de las cuales el 52,60 % corresponde a la eliminación de residuos sólidos (5.A), relacionadas principalmente con la eliminación de residuos sólidos en sitios gestionados (5.A.1). El 44,77 % de las emisiones corresponden al tratamiento de aguas residuales (5.D), y el 2,63 % lo aporta la incineración abierta de residuos. En la figura 33 se presentan las emisiones por categoría y subcategoría del módulo de residuos en 2021, y en la figura 34 se enfatiza en las emisiones por categoría correspondientes a dicho módulo.



Figura 33. Emisiones por categoría y subcategoría del módulo de residuos en 2021

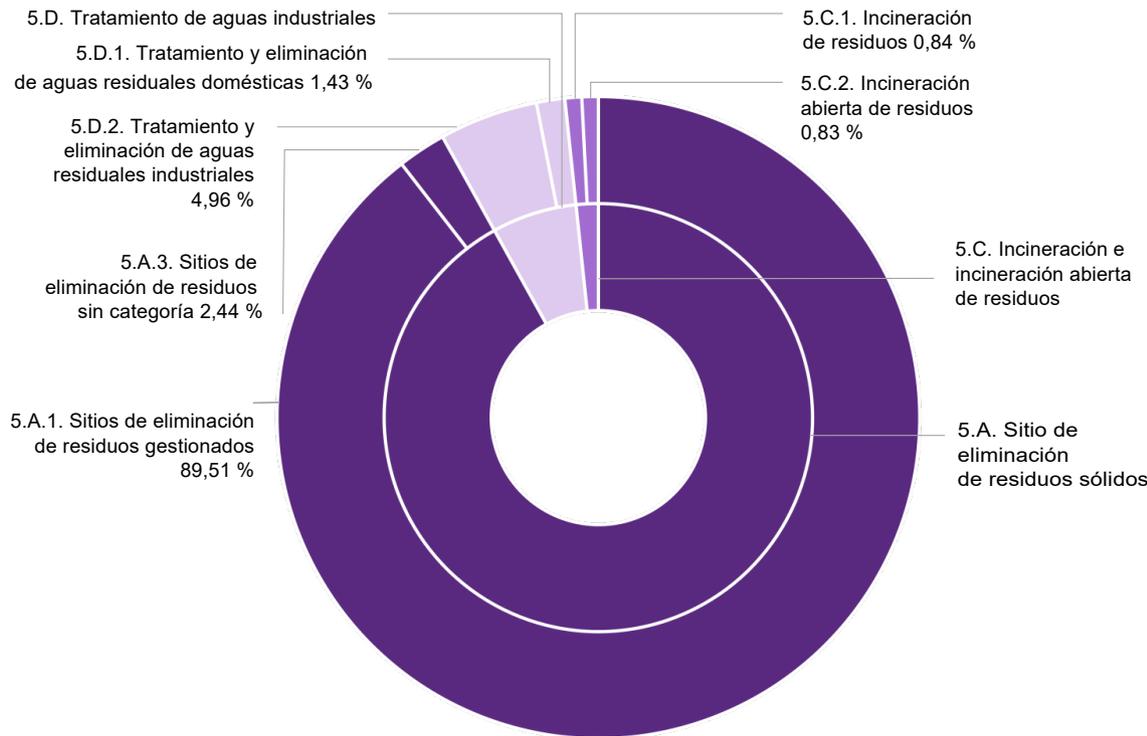
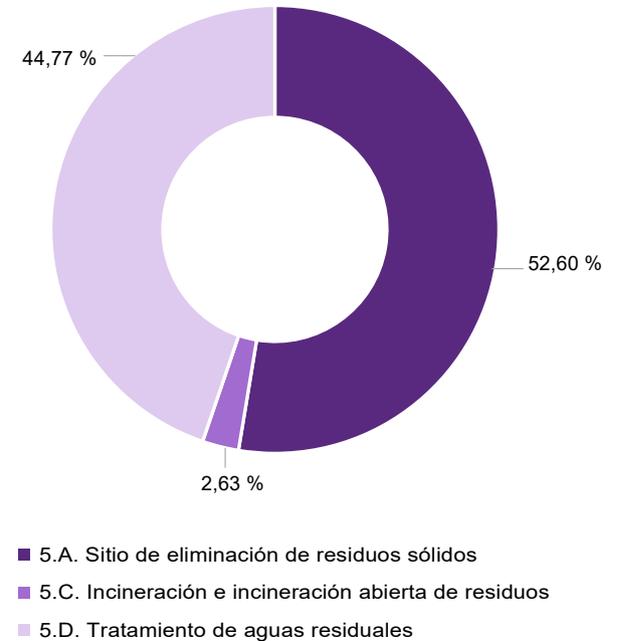


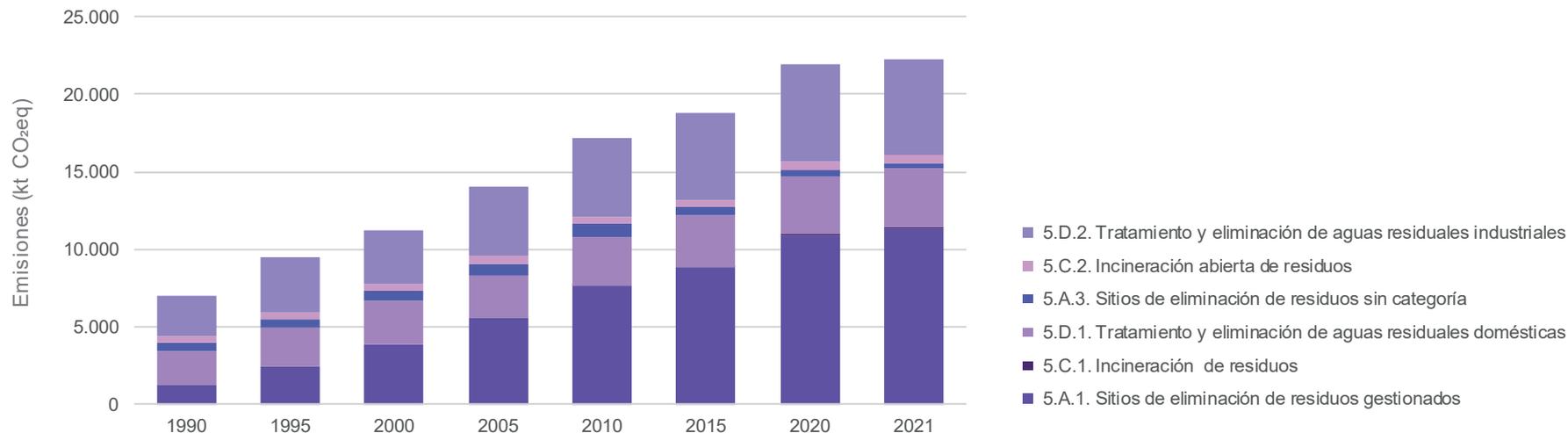
Figura 34. Participación por categoría en las emisiones del módulo de residuos en 2021



Respecto a los datos de actividad utilizados en el sector, se destacan las toneladas de residuos que son dispuestas en los sitios de eliminación, dato que es suministrado por el Sistema Único de Información (en adelante, SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (en adelante, SSPD). En el año 2021 se dispusieron 16,35 kilotoneladas de residuos en 121 sitios de disposición final, ubicados en el territorio nacional; de los cuales 30 fueron modelados individualmente para las estimaciones realizadas en el inventario.

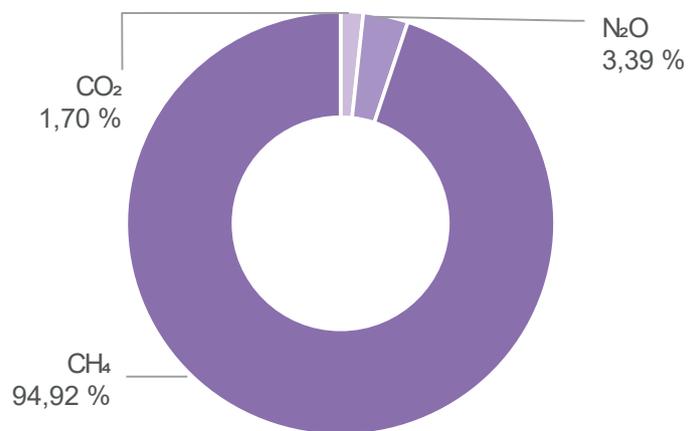
También se tiene en consideración la cantidad de residuos peligrosos que son tratados térmicamente, información suministrada por el Registro de Generadores de Residuos Peligrosos (en adelante, Respel), administrado por el Ideam, así como la cantidad de residuos incinerados a cielo abierto por los pobladores, ubicados en áreas rurales a nivel nacional, dato tomado de la encuesta de calidad de vida elaborada por el DANE. En la figura 35 se puede observar la evolución de las emisiones del módulo de residuos en el periodo 1990-2021.

Figura 35. Evolución de emisiones del módulo de residuos (1990-2021)



En este módulo, las emisiones de CH₄ son las más relevantes. Estas emisiones se encuentran asociadas a la degradación de la materia orgánica presente en los residuos, y representan el 94,92 % de las emisiones del sector. En la figura 36 se presenta la participación GEI en las emisiones del módulo de residuos en 2021.

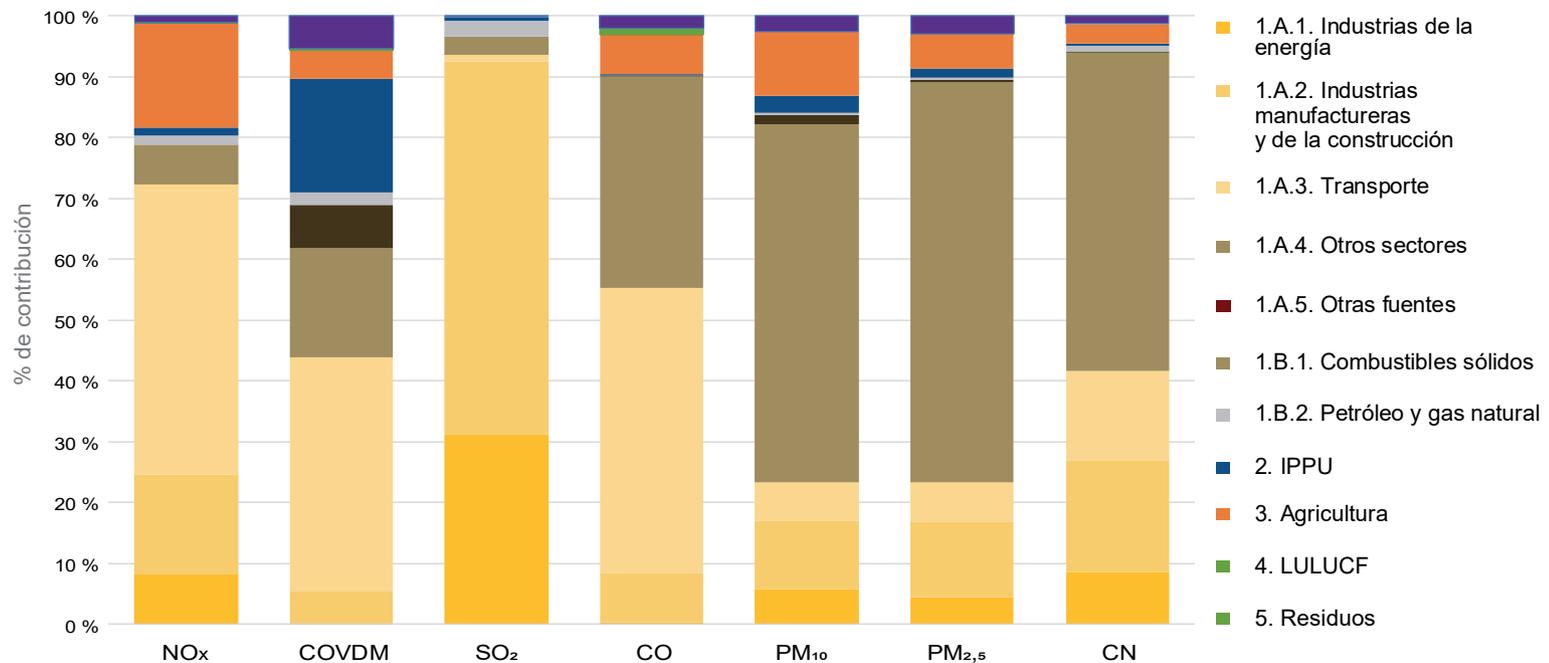
Figura 36. Participación por GEI en las emisiones del módulo de residuos en 2021



3.2 Inventario de contaminantes criterio y carbono negro

En la figura 37 se presenta la contribución porcentual de cada sector en la emisión de contaminantes criterio y carbono negro (en adelante, CN) en 2021. Se observa que las actividades cuantificadas en el sector de energía son responsables de por lo menos el 70 % de las emisiones de contaminantes criterio y CN. Se resalta que la subcategoría de transporte emite más del 50 % de NO_x, COVDM y CO, y que las actividades de combustión de la subcategoría 1.A.4.b, que corresponde al sector residencial, emiten CO, PM₁₀, PM_{2,5} y CN, entre otros. Por su parte, el sector de IPPU emite el 18,6 % de compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM).

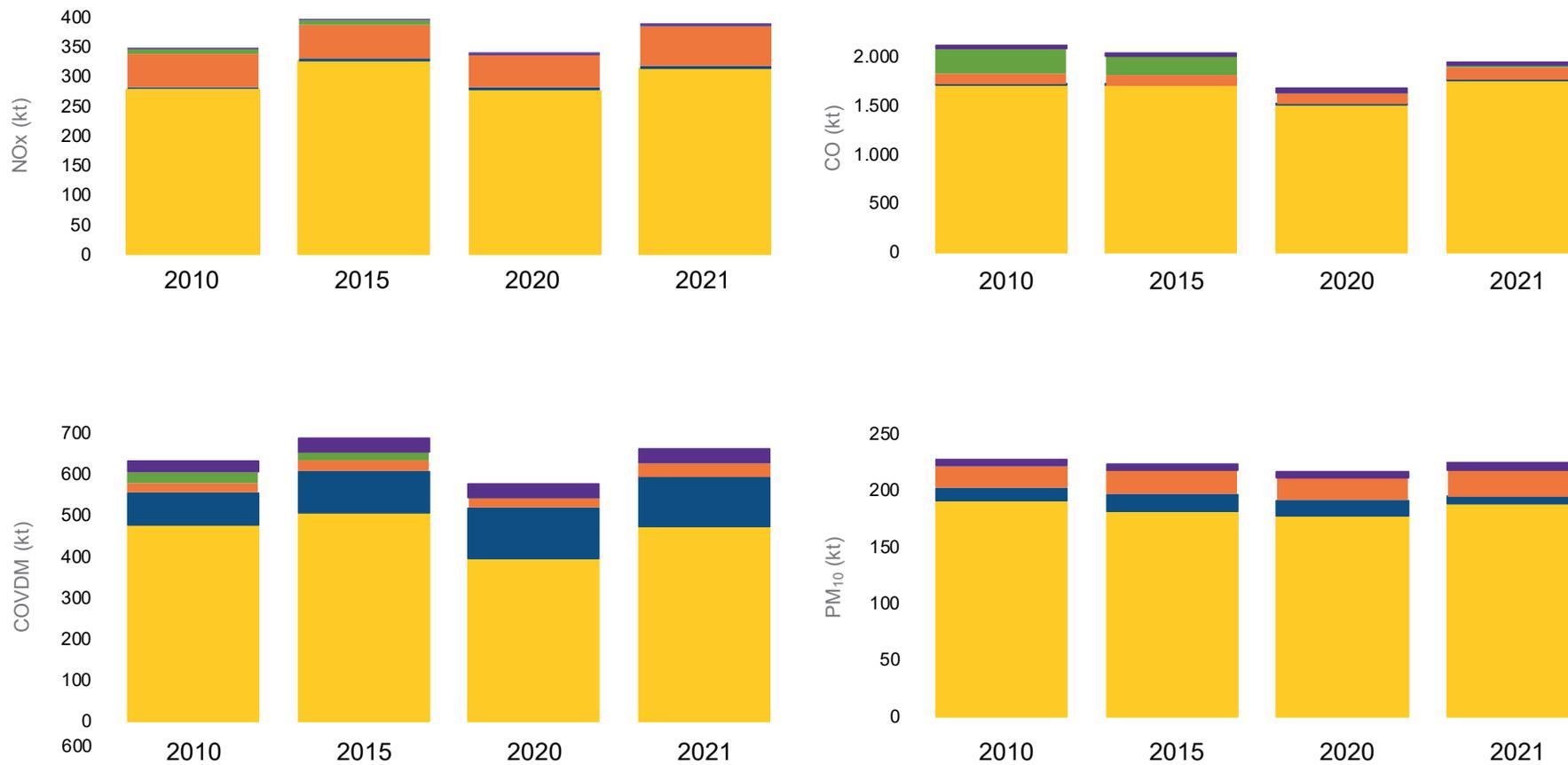
Figura 37. Contribución sectorial en las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro para el año 2021



El reporte de las emisiones de contaminantes criterio y CN entre 2010 y 2021, presentado en la figura 38, muestra que, aunque no han variado significativamente en este periodo, la mayoría de las emisiones de NO_x, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5} y CN provienen del sector de energía (80-99 %), mientras que el sector de agricultura contribuye en menor proporción (3-16 %). Asimismo, se observa que las emisiones de COVDM e IPPU han aumentado del 13 % al 19 % y que las emisiones de CO del sector de LULUCF han disminuido durante este tiempo.

Figura 38. Evolución de las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro para los años 2010, 2015, 2020 y 2021

En la siguiente tabla se muestran los datos de las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro para el año 2021:



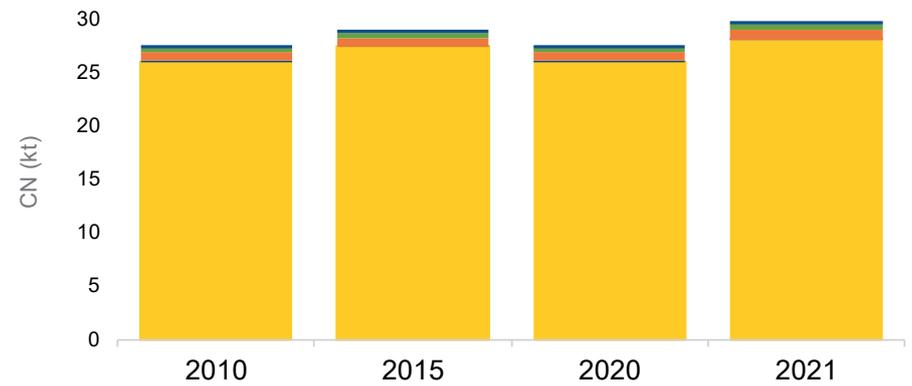
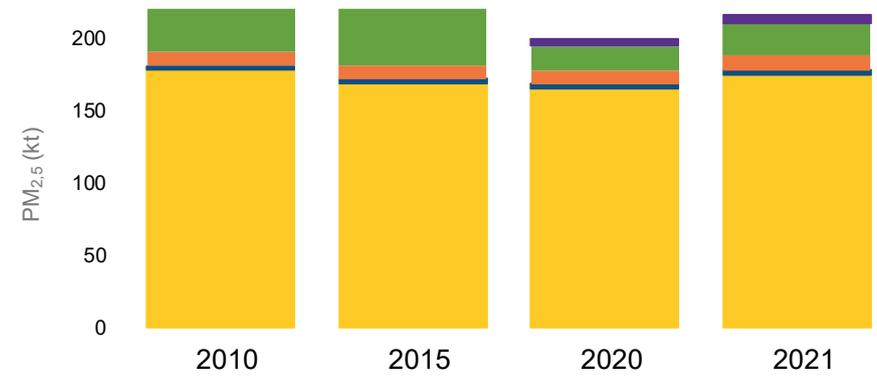
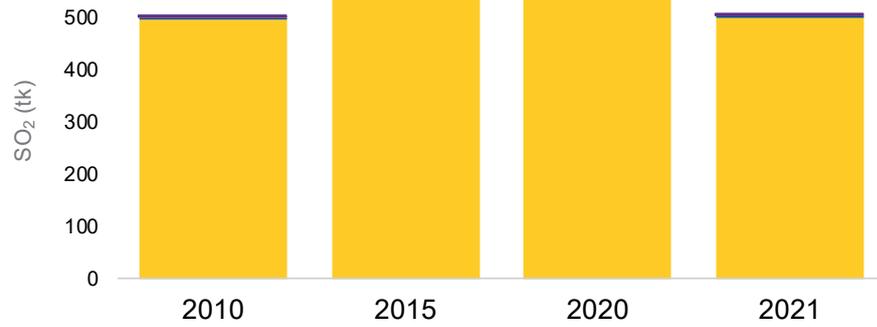


Tabla 2. Reporte de emisiones de contaminantes criterio y carbono negro para el año 2021

Sector			kt						
			Gases				Material particulado		
Agregación NFR	Código NFR	Nombre	NO _x	COVDM	SO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2,5}	CN
TOTAL EMISIONES 2021			388,25	659,80	504,44	1.927,67	223,56	194,93	28,97
A_Energía pública	1.	ENERGÍA	312,8	470,6	500,5	1.761,2	187,8	175,1	27,5
A_Energía pública	1A.	Actividades de quema de combustible	306,72	409,50	486,90	1.755,89	183,94	173,87	27,22
A_Energía pública	1.A.1.	Industrias de la energía	31,74	0,71	157,66	8,13	12,77	8,83	2,47
A_Energía pública	1.A.1.a.	Electricidad pública y producción de calor	16,66	0,25	139,04	3,51	0,44	0,23	0,01
B_Industria	1.A.1.b.	Refinación de petróleo	4,68	0,17	0,02	1,35	0,06	0,06	0,01
B_Industria	1.A.1.c.	Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	10,40	0,28	18,60	3,27	12,28	8,54	2,45
B_Industria	1.A.2.	Industrias manufactureras y de la construcción	64,02	34,42	308,41	153,57	25,09	23,89	5,34
B_Industria	1.A.2.a.	Hierro y acero	2,66	1,13	31,88	9,90	1,22	1,13	0,08
B_Industria	1.A.2.b.	Metales no ferrosos	0,53	0,17	0,00	0,21	0,01	0,01	0,00
B_Industria	1.A.2.c.	Productos químicos	2,25	1,78	16,02	7,10	1,10	1,05	0,17
B_Industria	1.A.2.d.	Pulpa, papel e imprenta	3,62	1,60	47,39	14,54	1,80	1,67	0,11
B_Industria	1.A.2.e.	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	11,88	23,73	70,78	61,75	12,83	12,42	2,96
B_Industria	1.A.2.f.	Minerales no metálicos	8,52	3,95	125,24	38,21	4,79	4,43	0,30
B_Industria	1.A.2.g.	Combustión en industrias manufactureras y de la construcción: Otras fuentes	34,55	2,05	17,09	21,86	3,33	3,20	1,72
I_Fuera de ruta	1.A.2.gvii.	Combustión en industrias manufactureras y de la construcción: Otras fuentes móviles	30,39	1,15	0,09	15,95	2,51	2,44	1,60
B_Industria	1.A.2.gviii.	Combustión en industrias manufactureras y de la construcción: Otras fuentes estacionarias	4,16	0,90	17,00	5,91	0,81	0,76	0,11
H_Aviación	1.A.3.	Transporte	185,75	255,63	6,23	914,80	14,21	12,64	4,25
H_Aviación	1.A.3.a.	Aviación civil	3,15	0,24	0,21	4,56	0,02	0,02	0,01
H_Aviación	1.A.3.ai.	Aviación civil internacional	0,95	0,03	0,06	0,70	0,01	0,01	0,00

Sector			kt						
			Gases				Material particulado		
Agregación NFR	Código NFR	Nombre	NO _x	COVDM	SO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2,5}	CN
H_Aviación	1.A.3.ai(i).	Aviación civil (Internacional, LTO)	0,95	0,03	0,06	0,70	0,01	0,01	0,00
H_Aviación	1.A.3.a.ii.	Aviación civil nacional	2,20	0,20	0,16	3,86	0,02	0,02	0,01
H_Aviación	1.A.3.a.iii(i).	Aviación civil (Doméstico, LTO)	2,20	0,20	0,16	3,86	0,02	0,02	0,01
F_Transporte terrestre	1.A.3.b.	Transporte terrestre	174,87	254,01	4,29	906,07	13,91	12,36	4,17
F_Transporte terrestre	1.A.3.bi.	Transporte terrestre: Vehículos de pasajeros	15,99	27,73	1,91	289,05	0,26	0,26	0,13
F_Transporte terrestre	1.A.3.bi3.	Automóviles particulares, diplomáticos y oficiales	5,16	9,46	0,60	73,60	0,05	0,05	0,02
F_Transporte terrestre	1.A.3.bi4.	Automóviles servicio público	8,21	15,25	1,08	152,43	0,09	0,09	0,04
F_Transporte terrestre	1.A.3.bi5.	Camperos	2,62	3,02	0,24	63,03	0,12	0,12	0,08
F_Transporte terrestre	1.A.3.bii.	Transporte terrestre: Vehículos ligeros	8,98	4,38	0,36	54,99	0,32	0,32	0,23
F_Transporte terrestre	1.A.3.bii3.	Camionetas	8,98	4,38	0,36	54,99	0,32	0,32	0,23
F_Transporte terrestre	1.A.3.biii.	Transporte terrestre: Vehículos pesados y buses	133,07	5,89	0,60	72,18	5,87	5,87	3,05
F_Transporte terrestre	1.A.3.biii1.	Buses	46,75	1,92	0,20	36,08	3,96	3,96	2,01
F_Transporte terrestre	1.A.3.biii2.	Camiones y volquetas	49,49	2,64	0,26	29,07	1,00	1,00	0,56
F_Transporte terrestre	1.A.3.biii3.	Tractocamiones	36,83	1,32	0,14	7,03	0,91	0,91	0,48
F_Transporte terrestre	1.A.3.biv.	Transporte terrestre: Motocicletas	16,84	216,01	1,42	489,85	4,11	4,11	0,64
F_Transporte terrestre	1.A.3.biv1.	Motos	16,84	216,01	1,41	489,85	4,11	4,11	0,64
F_Transporte terrestre	1.A.3.biv2.	Otros	152,08	1,95	0,01	IE	IE	IE	IE
F_Transporte terrestre	1.A.3.bv.	Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	NA	0,00	NA	NA	NA	NA	NA
F_Transporte terrestre	1.A.3.bvi.	Desgaste de neumáticos y frenos	NA	NA	NA	NA	2,14	1,14	0,12
F_Transporte terrestre	1.A.3.bvii.	Desgaste de vías	NA	NA	NA	NA	1,21	0,65	NA

Sector			kt						
			Gases				Material particulado		
Agregación NFR	Código NFR	Nombre	NO _x	COVDM	SO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2,5}	CN
I_Fuera de ruta	1.A.3.c.	Ferrocarriles	1,36	0,12	0,00	0,28	0,04	0,04	0,02
G_Navegación	1.A.3.d.	Navegación marítima y fluvial	6,37	1,27	1,72	3,89	0,24	0,22	0,04
G_Navegación	1.A.3.dii.	Navegación marítima y fluvial nacional	6,37	1,27	1,72	3,89	0,24	0,22	0,04
I_Fuera de ruta	1.A.3.e.	Otro tipo de transporte	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
I_Fuera de ruta	1.A.3.ei.	Transporte por gasoductos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
I_Fuera de ruta	1.A.3.eii.	Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.	Otros sectores	25,21	118,75	14,61	679,39	131,87	128,51	15,16
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.a.	Comercial/Institucional	1,42	0,44	0,01	0,56	0,01	0,01	0,00
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.ai.	Comercial/Institucional: Estacionaria	1,42	0,44	0,01	0,56	0,01	0,01	0,00
I_Fuera de ruta	1.A.4.aii.	Comercial/Institucional: Móviles	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.b.	Residencial	12,02	93,96	10,40	630,73	118,42	115,32	13,07
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.bi.	Residencial: Estacionaria	12,02	93,96	10,40	630,73	118,42	115,32	13,07
I_Fuera de ruta	1.A.4.bii.	Residencial: Móviles	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.c.	Agricultura/Silvicultura/Pesca	11,77	24,35	4,19	48,10	13,44	13,18	2,09
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.4.ci.	Agricultura/Silvicultura/Pesca: Estacionaria	8,77	24,22	4,18	46,27	13,20	12,95	1,93
I_Fuera de ruta	1.A.4.cii.	Agricultura/Silvicultura/Pesca: Vehículos fuera de ruta y otra maquinaria	2,99	0,13	0,01	1,82	0,23	0,23	0,16
I_Fuera de ruta	1.A.4.ciii.	Agricultura/Silvicultura/Pesca: Pesca nacional	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
Otras Fuentes	1.A.5.	Otras fuentes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
C_Combustión estacionaria: Otros	1.A.5.A.	Estacionaria	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
I_Fuera de ruta	1.A.5.b.	Móviles	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Sector			kt						
			Gases				Material particulado		
Agregación NFR	Código NFR	Nombre	NOx	COVDM	SO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2,5}	CN
D_Fugitivas	1.B.	Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	6,07	61,06	13,57	5,29	3,86	1,22	0,32
D_Fugitivas	1.B.1.	Combustibles sólidos	0,00	47,36	0,00	1,88	3,08	0,54	0,07
D_Fugitivas	1.B.1.a.	Minería carbonífera y manejo del carbón	NA	47,33	NA	NA	2,48	0,30	NE
D_Fugitivas	1.B.1.b.	Transformación de combustibles sólidos	0,00	0,03	0,00	1,88	0,60	0,25	0,07
D_Fugitivas	1.B.1.c.	Otras emisiones fugitivas de combustibles sólidos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
D_Fugitivas	1.B.2.	Petróleo y gas natural	6,06	13,70	13,56	3,41	0,78	0,67	0,25
D_Fugitivas	1.B.2.a.	Petróleo	4,64	11,91	11,98	1,74	0,19	0,08	0,00
D_Fugitivas	1.B.2.ai.	Exploración, producción y transporte	NA	8,05	NE	NA	NA	NA	NA
D_Fugitivas	1.B.2.aiv.	Refinación y almacenamiento	4,64	3,86	11,98	1,74	0,19	0,08	NA
D_Fugitivas	1.B.2.av.	Distribución de productos de petróleo	NA	NE	NE	NA	NA	NA	NA
D_Fugitivas	1.B.2.b.	Gas natural (exploración, producción, procesamiento, transmisión, almacenamiento, distribución y otros)	NA	1,34	NE	NA	NA	NA	NA
D_Fugitivas	1.B.2.c.	Ventilación y quema	1,43	0,45	1,58	1,67	0,59	0,59	0,25
D_Fugitivas	1.B.2.d.	Otras emisiones fugitivas de producción de energía	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	4,64	122,64	2,51	2,51	6,38	3,16	0,09
B_Industria	2.A.	Industria de los minerales	NE	NE	NE	NE	5,81	2,76	0,07
B_Industria	2.A.1.	Producción de cemento	NE	NE	NE	NE	2,09	1,16	0,03
B_Industria	2.A.2.	Producción de cal	NE	NE	NE	NE	0,72	0,14	0,00
B_Industria	2.A.3.	Producción de vidrio	NE	NE	NE	NE	0,19	0,15	0,00
B_Industria	2.A.5.	Otra industria	0,00	0,00	0,00	0,00	2,81	1,30	0,04
B_Industria	2.A.5.a.	Cantería y minería de minerales diferentes al carbón	NE	NE	NE	NE	2,09	1,16	0,03

Sector			kt						
			Gases				Material particulado		
Agregación NFR	Código NFR	Nombre	NO _x	COVDM	SO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2,5}	CN
B_Industria	2.A.5.b.	Construcciones y demoliciones	NE	NE	NE	NE	0,72	0,14	0,00
B_Industria	2.A.5.c.	Almacenamiento, manejo y transporte de productos minerales	NE	NE	NE	NE	0,19	0,15	0,00
B_Industria	2.A.6.	Otros productos minerales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.B.	Industria química	4,10	2,50	1,56	0,18	0,05	0,02	0,00
B_Industria	2.B.1.	Producción de amoniaco	0,10	NE	NE	0,01	NA	NE	NA
B_Industria	2.B.2.	Producción de ácido nítrico	3,16	NA	NA	NA	NA	NE	NA
B_Industria	2.B.3.	Producción de ácido adípico	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.B.5.	Producción de carburo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.B.7.	Producción de ceniza de sosa	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.B.10..	Otros	0,84	2,50	1,56	0,17	0,05	0,02	0,00
B_Industria	2.B.10.a.	Otra industria química	0,84	2,50	1,56	0,17	0,05	0,02	0,00
B_Industria	2.B.10.b.	Almacenamiento, manejo y transporte de productos químicos	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
B_Industria	2.C.	Industria de los metales	0,12	0,06	0,09	0,00	0,17	0,13	0,01
B_Industria	2.C.1.	Producción de hierro y acero	0,12	0,06	0,05	0,00	0,07	0,05	0,00
B_Industria	2.C.2.	Producción de ferroatleaciones	NE	NE	NE	NE	0,11	0,08	0,01
B_Industria	2.C.3.	Producción de aluminio	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.C.4.	Producción de magnesio	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.C.5.	Producción de plomo	NE	NE	0,04	NE	0,00	0,00	NE
B_Industria	2.C.6.	Producción de zinc	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.C.7.	Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

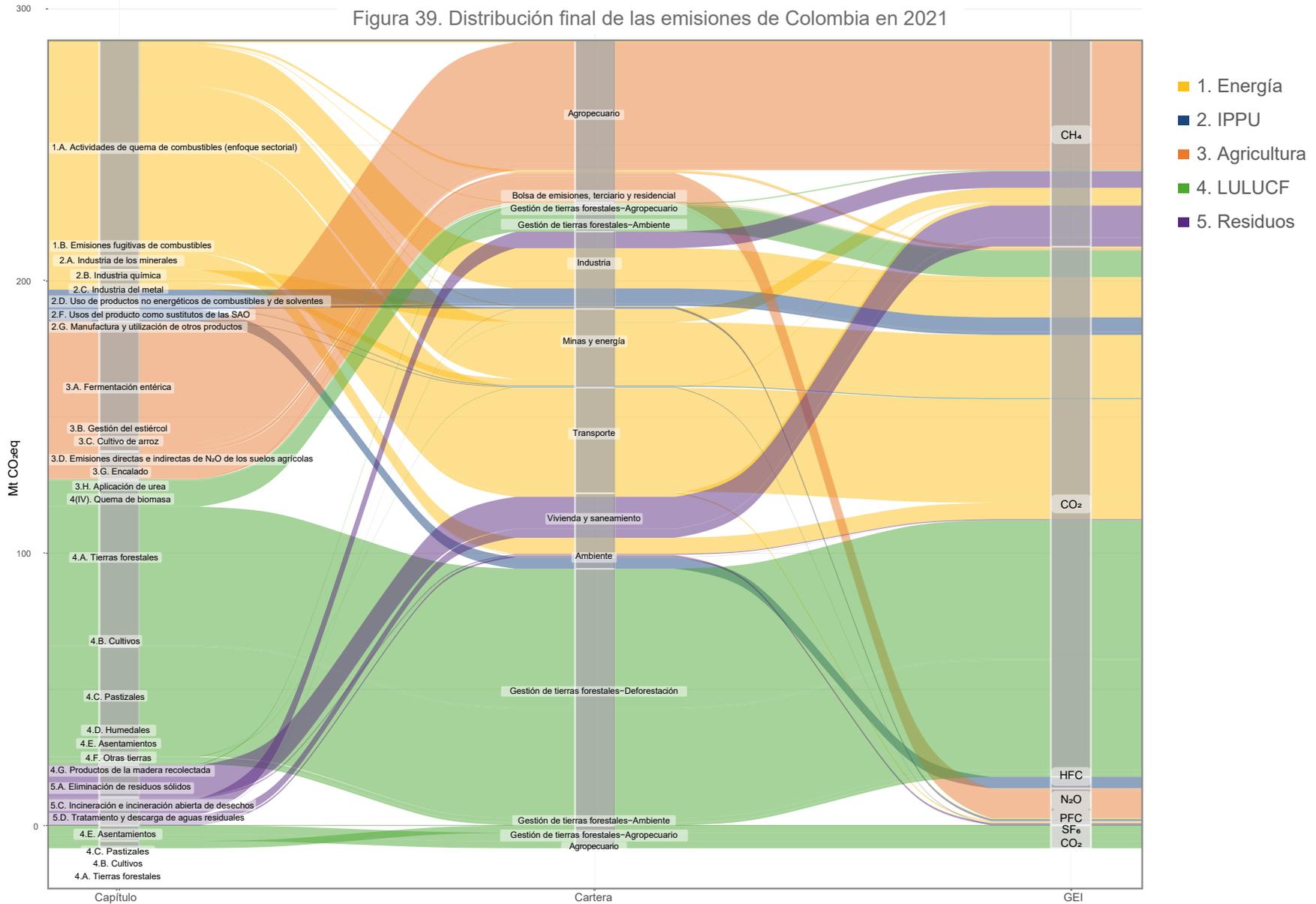
Sector			kt						
			Gases				Material particulado		
Agregación NFR	Código NFR	Nombre	NO _x	COVDM	SO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2,5}	CN
B_Industria	2.C.7.a.	Producción de cobre	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.C.7.b.	Producción de níquel	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.C.7.c.	Producción de otros metales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.C.7.d.	Almacenamiento, manejo y transporte de otros metales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.D.	Uso de solventes y productos	NE	70,79	NE	NE	NA	NE	NE
B_Industria	2.D.3.	Uso de solventes	NE	70,79	NE	NE	NE	NE	NE
B_Industria	2.D.3.a.	Uso doméstico de solventes, incluidos fungicidas	NA	18,61	NA	NA	NA	NE	NA
B_Industria	2.D.3.B.	Pavimentación de vías con asfalto	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NA
B_Industria	2.D.3.c.	Cubierta de asfalto	NE	NE	NA	NE	NE	NE	NE
B_Industria	2.D.3.D.	Aplicación de revestimiento	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.D.3.e.	Desengrasantes	NA	15,77	NA	NA	NA	NE	NA
B_Industria	2.D.3.F.	Limpieza en seco	NA	NE	NA	NA	NA	NE	NA
B_Industria	2.D.3.g.	Productos químicos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
B_Industria	2.D.3.h.	Impresión	NA	14,41	NA	NA	NA	NE	NE
B_Industria	2.D.3.i.	Otro uso de solventes y productos	NE	22,00	NE	NE	NA	NA	NA
B_Industria	2.H..	Otros	0,43	49,29	0,85	2,34	0,34	0,26	0,01
B_Industria	2.H.1..	Industria de pulpa y papel (Kraft)	0,43	0,85	0,85	2,34	0,34	0,26	0,01
B_Industria	2.H.2..	Industria de la alimentación y bebidas	NA	48,44	NA	NA	NE	NE	NE
B_Industria	2.H.3.	Otros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.I.	Procesamiento de madera	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Sector			kt						
			Gases				Material particulado		
Agregación NFR	Código NFR	Nombre	NO _x	COVDM	SO ₂	CO	PM ₁₀	PM _{2,5}	CN
B_Industria	2.K.	Consumo de contaminantes orgánicos persistentes y metales pesados	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B_Industria	2.L.	Otra producción, consumo, almacenamiento, transporte o manipulación de productos a granel	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
K_Agricultura ganadería y	3.	AGRICULTURA	66,94	31,24	0,94	125,76	23,72	11,03	0,94
K_Agricultura ganadería y	3.B.	Gestión de estiércol	4,04	25,64	NA	NA	4,51	0,52	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.1.	Total ganado bovino	0,15	2,07	NA	NA	0,16	0,11	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.1.a.	Ganado bovino lechero	0,15	2,07	NA	NA	0,16	0,11	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.1.b.	Ganado bovino no lechero	0,00	0,00	NA	NA	0,00	0,00	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.2.	Ovinos	0,00	0,00	NA	NA	0,00	0,00	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.3.	Porcinos	0,34	3,44	NA	NA	0,34	0,02	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.4.	Otros	3,55	20,13	0,00	0,00	4,01	0,40	0,00
K_Agricultura ganadería y	3.B.4.a.	Búfalos	0,00	0,09	NA	NA	0,01	0,01	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.4.d.	Caprinos	0,00	0,18	NA	NA	0,02	0,01	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.4.e.	Caballos	0,06	0,97	NA	NA	0,05	0,03	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.4.f.	Mulas y asnos	0,01	0,05	NA	NA	0,01	0,00	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.4.g.	Aves	3,48	18,84	NA	NA	3,92	0,35	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.4.gi.	Gallinas ponedoras	0,63	7,47	NA	NA	1,81	0,14	NA
K_Agricultura ganadería y	3.B.4.gii.	Pollos engorde	2,84	11,37	NA	NA	2,11	0,21	NA
L_Agricultura Otros	3.D.	Producción de cultivos y suelos agrícolas	58,56	4,67	NA	NA	8,46	0,33	NA
L_Agricultura Otros	3Da.	Suelos agrícolas	58,56	NA	NA	NA	NE	NE	NA
L_Agricultura Otros	3.D.a.1.	Fertilizantes inorgánicos	14,81	NA	NA	NA	NE	NE	NA



4. Análisis de inventarios

4.1 Distribución final del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de GEI



A nivel nacional, las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero se asignan a diferentes carteras sectoriales que lideran la gestión del cambio climático desde cada uno de los ministerios de Colombia. Esta asignación fue sometida a consideración y aprobada por los integrantes de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático en su octava sesión, que se llevó a cabo el 18 de septiembre de 2020.

De acuerdo con los resultados del año 2021 del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero, el diagrama de Sankey muestra la relación entre las categorías de emisiones, las diferentes carteras sectoriales del país y los GEI para el año 2021. En el módulo de energía, se evidencian aportes significativos en las carteras de transporte, minas y energía, industria y saneamiento básico, cuyas emisiones corresponden en su mayoría a CO_2 . Es importante mencionar que en este módulo también se registran emisiones de CH_4 , asociadas a la cartera de minas y energía, principalmente por emisiones fugitivas en la producción de petróleo, gas y minería de carbón.

En cuanto al módulo de procesos industriales y uso de productos, la mayor parte de sus emisiones se concentran en la cartera de industria, donde el CO_2 es el gas con mayor participación. Además, este módulo alimenta la cartera de ambiente, en la que se contabilizan emisiones de HFC y PFC.

El módulo de agricultura contribuye significativamente a la cartera del sector agropecuario con la mayoría de las emisiones, en especial de CH_4 y una proporción importante de N_2O .

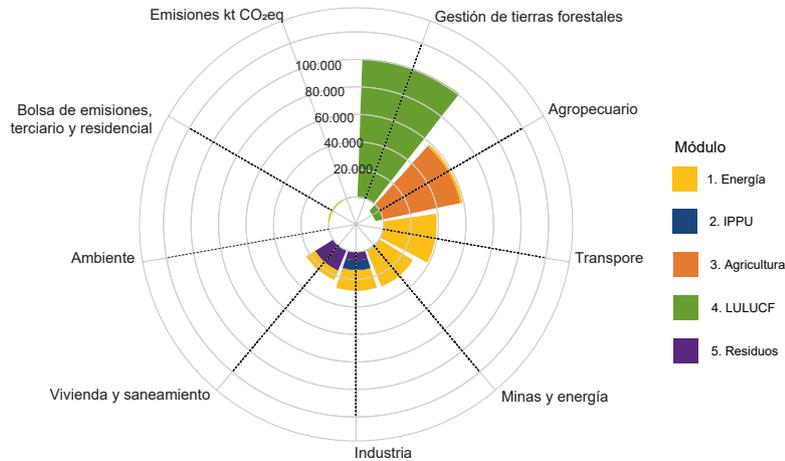
Para el módulo de silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra, la mayoría de las absorciones se concentran en las carteras de gestión de tierras forestales-deforestación y gestión de tierras forestales-agropecuaria, en las cuales el CO_2 es el principal gas de efecto invernadero. Es relevante destacar que las absorciones de CO_2 se concentran principalmente en este módulo.

En el módulo de residuos, las emisiones se concentran en la cartera de vivienda y saneamiento, con el CH_4 como el GEI predominante en este sector.

Finalmente, la emisión per cápita durante el año 2021 fue de 5,48 t CO_2 eq/persona en relación con las emisiones netas y la proyección de población nacional por área post covid-19 realizada por el DANE (51.117.378 habitantes) (DANE, 2023).

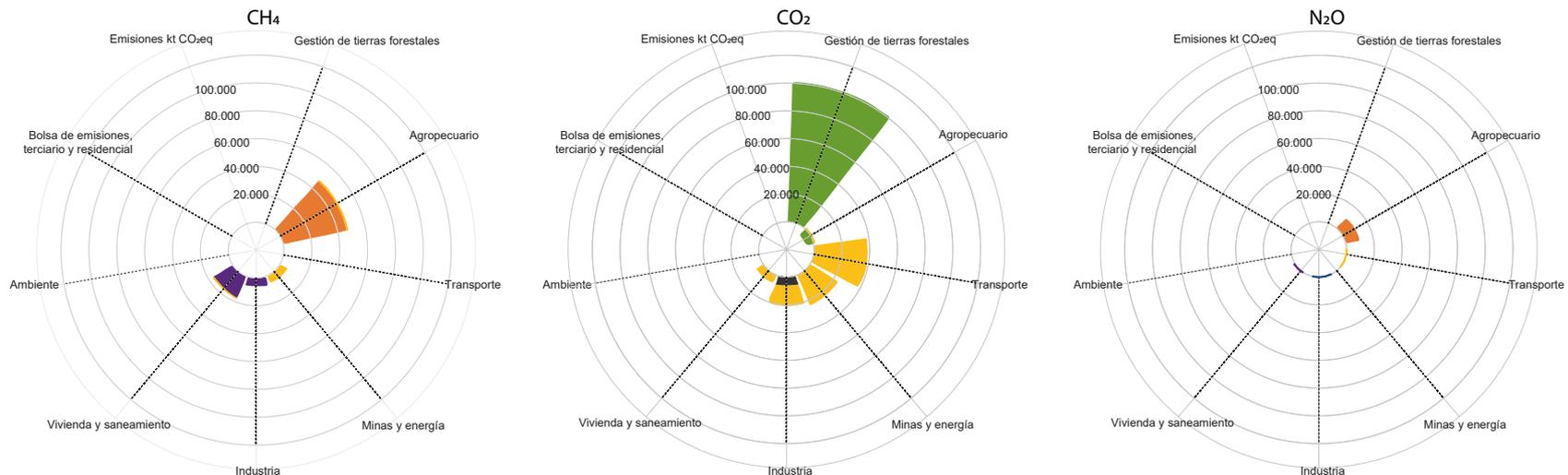
4.2 Emisiones por cartera sectorial

Figura 40. Participación por módulo en las carteras sectoriales de Colombia en 2021

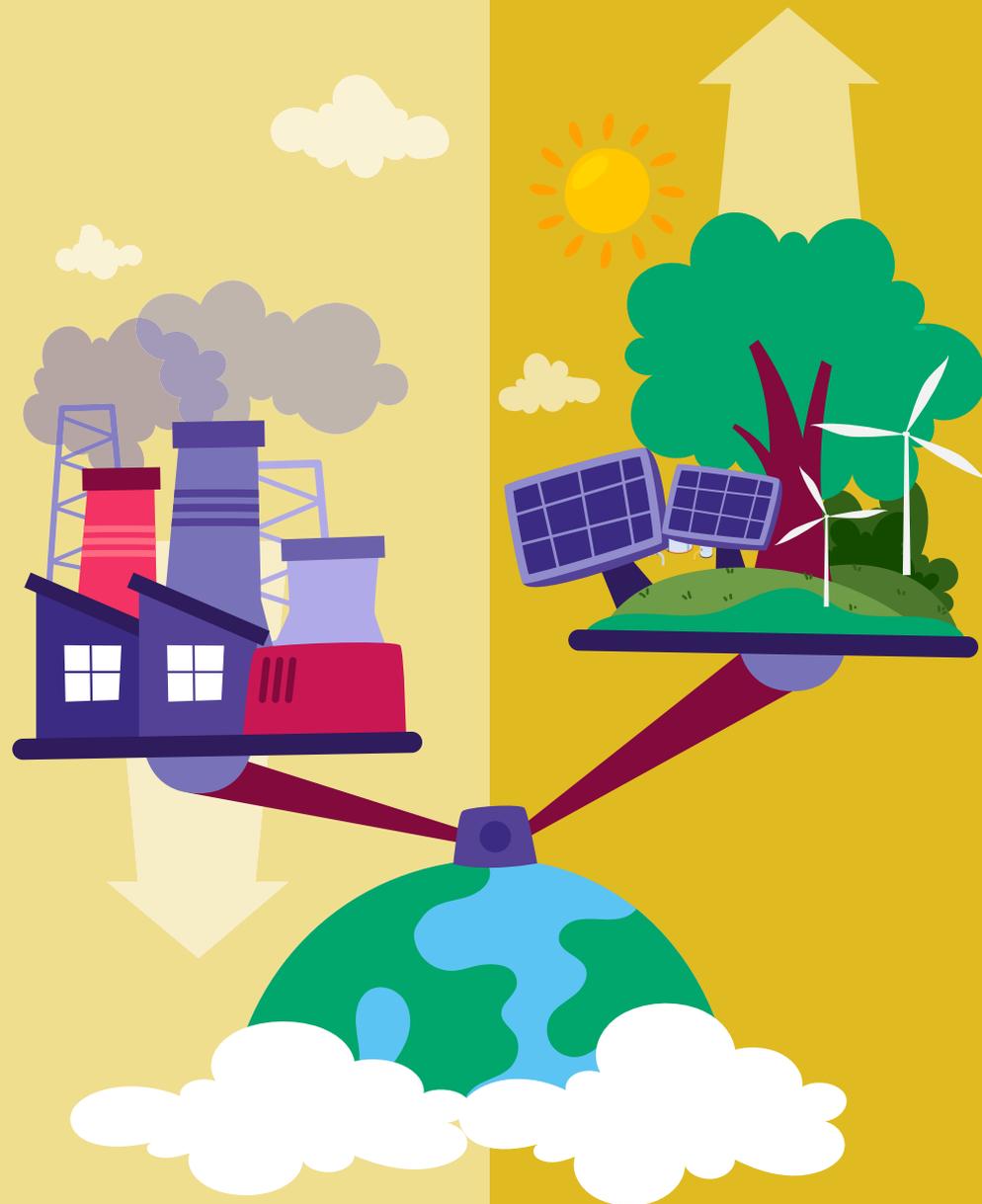


La gráfica muestra el aporte de las diferentes carteras al total de emisiones de 2021. Se destaca que la principal cartera corresponde a la gestión de tierras forestales, con ~102.000 kt CO₂eq, cuyas emisiones se concentran en el módulo de LULUCF. A continuación, se encuentra la cartera agropecuaria, con emisiones de ~53.800 kt CO₂eq, la mayoría de ellas asociadas al módulo de agricultura. En tercer lugar, se presenta la cartera de transporte, con ~38.800 kt CO₂eq, cuyas emisiones corresponden al módulo de energía. En cuarto lugar, la cartera de minas y energía², que aporta ~28.900 kt CO₂eq, seguida por la cartera de industria, con ~28.370 kt CO₂eq. Finalmente, se ubican los sectores de vivienda y saneamiento, ambiente y bolsa de emisiones, terciario y residencial, con ~23.490 kt CO₂eq, ~4.270 kt CO₂eq y ~294 kt CO₂eq, respectivamente. La siguiente gráfica permite identificar el nivel de emisiones de los gases CH₄, CO₂ y N₂O para cada cartera durante el 2021:

Figura 41. Emisiones por módulo y por GEI en las carteras sectoriales de Colombia de 2021



² Las emisiones de la cartera de minas y energía en este documento incluyen la categoría asociada a la producción de coque (1.A.1.c.i. Manufactura de combustibles sólidos), la cual no se considera en las emisiones estimadas por el equipo de Monitoreo, Reporte y Verificación Minero Energética (MRVme) del Ministerio de Minas y Energía.



5. Plan de mejora

De acuerdo con las modalidades, procedimientos y directrices (MPG) del Marco de Transparencia Reforzado, se desarrolla un plan de mejora del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero (Ingei). En consonancia con este plan, se fortalece la calidad, precisión y transparencia de la estimación de emisiones del inventario, a fin de asegurar la confiabilidad y credibilidad de la información compilada y reportada.

Para ello, se proponen actividades para mejorar la gestión de la información requerida en la construcción de dicho inventario, reducir la incertidumbre y favorecer la exactitud y precisión de las emisiones a través del cumplimiento de los requisitos de la (CMNUCC) y el (IPCC). Adicionalmente, se apuesta por fortalecer la transparencia y rendición de cuentas y apoyar la toma de decisiones informada en materia de cambio climático.

El plan de mejora del Ingei de Colombia en sus diversos sectores se centra en:

- Revisar y actualizar las metodologías de estimación de cálculo de emisiones nacionales.
- Procurar el uso de métodos de estimación de nivel superior (nivel 2 o 3) y el desarrollo de factores de emisión nacionales con priorización de categorías clave.
- Mejorar la cobertura de datos empleados en la estimación.
- Identificar e incorporar nuevas fuentes de información.
- Fomentar el desarrollo del Sistema Nacional de Inventario de Gases Efecto Invernadero (Singei).
- Fomentar el desarrollo de talleres y eventos de divulgación del Ingei.
- Establecer mesas técnicas con sectores o entidades clave.
- Fomentar la participación colectiva del sector público, privado y la academia en la construcción e importancia del Ingei.

Por otro lado, el plan de mejora para la estimación de emisiones de carbono negro y contaminantes criterio en Colombia se enfoca en:

- Analizar y mejorar las metodologías de estimación de emisiones para los diferentes sectores, asegurando la aplicación de métodos de mayor precisión (nivel 2 o 3), especialmente para las categorías clave.
- Fomentar acuerdos de transferencia de información con entidades como el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Transporte y el Ideam, con el objetivo de obtener datos desagregados.
- Mejorar la calidad de la información empleada para estimar las emisiones del sector de transporte, incorporando datos más detallados y precisos sobre el consumo de combustibles y los patrones de conducción.
- Promover la recopilación y análisis de datos específicos para fuentes de emisiones, como el transporte terrestre y aéreo y las actividades industriales y de cremación.
- Impulsar el desarrollo y uso de herramientas y sistemas de información que permitan una recopilación y análisis de datos más precisos, facilitando la estimación de emisiones bajo metodologías de nivel 2 o 3.

Para la planificación, ejecución y gestión del Sistema Nacional de Inventario de Emisiones Atmosféricas de Colombia, es crucial el fortalecimiento de capacidades técnicas, financieras y tecnológicas en las diferentes entidades e instrumentos que son fuente de datos de actividad y factores de emisión. De esta manera, se busca garantizar el acceso a información oportuna, clara y estandarizada, con la participación activa y la articulación de los sectores público y privado y la academia.

Siglas, acrónimos y fórmulas

Aerocivil:	Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil	CN:	Carbono negro
Agrosavia:	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria	CNCC:	Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático
ANDI:	Asociación Nacional de Industriales	CO:	Monóxido de carbono
ANH:	Agencia Nacional de Hidrocarburos	CO₂:	Dióxido de carbono
BECO:	Balance Energético Colombiano	COVDM:	Compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano
BTR:	Informe Bienal de Transparencia (por sus siglas en inglés)	Copert:	Programa Informático para Calcular las Emisiones del Transporte por Carretera
Calac+:	Programa de Clima y Aire Limpio en Ciudades de América Latina	CSM:	Cuenta Satélite de Minería
Cepal:	Comisión Económica para América Latina y el Caribe	DANE:	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
CEED:	Censo de Edificaciones	DIAN:	Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales
CEC:	Comisión para la Cooperación Ambiental (por sus siglas en inglés)	EAM:	Encuesta Anual Manufacturera
CH₄:	Metano	ECG:	Estadística de Cemento Gris
CIAT:	Centro Internacional de Agricultura Tropical - Biodiversity International	Ecopetrol:	Empresa Colombiana de Petróleos S. A.
CMNUCC:	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático	ECV:	Encuesta de Calidad de Vida
		EPA:	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (por sus siglas en inglés)
		ENCA:	Estrategia Nacional de Calidad del Aire

FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés)	IPCC:	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
FAOSTAT:	División de Estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	IPPU:	Procesos industriales y uso de productos (por sus siglas en inglés)
Fedearroz:	Federación Nacional de Arroceros	LEAP:	Low Emissions Analysis Platform
Fedegán:	Federación Colombiana de Ganaderos	LULUCF:	Silvicultura, uso y cambio de uso de la tierra (por sus siglas en inglés)
Fedepalma:	Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite	MDL:	Mecanismo de Desarrollo Limpio
Fenavi:	Federación Nacional de Avicultores de Colombia	MinAmbiente:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
FNC:	Federación Nacional de Cafeteros	MinAgricultura:	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
GEI:	Gases de efecto invernadero	MinEnergía:	Ministerio de Minas y Energía
H₂O:	Vapor de agua	MinTransporte:	Ministerio de Transporte
HFC:	Hidrofluorocarbonos	MPG:	Modalidades, procedimientos y directrices
ICA:	Instituto Colombiano Agropecuario	MRV:	Monitoreo, reporte y verificación
Ideam:	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	MRVme:	Monitoreo, Reporte y Verificación Minero Energética
IGAC:	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	N₂O:	Óxido nítrico
INF:	Inventario Nacional Forestal	NDC:	Contribución nacionalmente determinada
Ingei:	Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de GEI	NFR:	Nomenclatura de Reporte (por sus siglas en inglés)
		NO_x:	Óxidos de nitrógeno
		O₃:	Ozono

OSPA:	Oficina del Servicio de Pronósticos y Alertas (Ideam)	SIPG:	Sistema Integrado de Planeación y Gestión
PERS:	Planes de Energización Rural Sostenible	SMBYC:	Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono
PFC:	Perfluorocarbonos	SNICC:	Sistema Nacional de Información de Cambio Climático
PM:	Material particulado (por sus siglas en inglés)	SNIF:	Sistema Nacional de Información Forestal
Porkcolombia:	Asociación Colombiana de Porcicultores	SO₂:	Dióxido de azufre
Procemco:	Cámara Colombiana del Cemento y el Concreto	SSPD:	Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
PTAR:	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	SUI:	Sistema Único de Información
Respel:	Registro de Generadores de Residuos Peligrosos	Swisscontact:	Fundación Suiza para la Cooperación Técnica
RNMA:	Registro Nacional de Maquinaria Agrícola, Industrial y de Construcción Autopropulsada	TNC:	The Nature Conservancy
Renare:	Registro Nacional de Reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	UPME:	Unidad de Planeación Minero Energética
RUA:	Registro Único Ambiental	UPRA:	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
RUNT:	Registro Único Nacional de Tránsito	WSA:	World Steel Association (por sus siglas en inglés)
SF₆:	Hexafluoruro de azufre		
SCRR-GEI:	Sistema de Contabilidad de Reducción y Remoción de Gases de Efecto Invernadero	Claves de notación	
Sicom:	Sistema de Información de la Cadena de Distribución de Combustibles del Ministerio de Minas y Energía	IE:	Incluido en otro lugar (por sus siglas en inglés)
Singei:	Sistema Nacional de Inventario de Gases Efecto Invernadero	NA:	No aplicable
		NE:	No estimado
		NO:	No ocurre

Referencias bibliográficas

- Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio. (2024). *¿Qué es el efecto invernadero?* NASA. <https://Ciencia.Nasa.Gov/Cambio-Climatico/Preguntas-Frecuentes/Que-Es-El-Efecto-Invernadero/>.
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2024, 30 de mayo). *Descripción general de los gases de efecto invernadero*. EPA. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- Burkart, S., Díaz, M. F., Enciso-Valencia, K., Urrea Benítez, J. L., Charry-Camacho, A. y Triana Ángel, N. (2020). *Covid-19 y el sector ganadero bovino en Colombia: Desarrollos actuales y potenciales, impactos y opciones de mitigación*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/69d68535-e670-4dbb-9962-7bd797f6f841/content>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s. f). *Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. Observatorio del Principio 10 en América Latina y el Caribe. <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratado/convencion-marco-naciones-unidas-cambio-climatico>
- Comisión para la Cooperación Ambiental. (2015). *Directrices para la estimación de las emisiones de carbono negro de América del Norte: Métodos recomendados* (vol. 1). <http://www.cec.org/files/documents/publications/11629-north-american-black-carbon-emissions-recommended-methods-estimating-black-es.pdf>
- Contexto Ganadero. (2017, 14 de marzo). Sacrificio bovino ha disminuido 14 % en los últimos 4 años en el país. *Contexto Ganadero*. <https://www.contextoganadero.com/economia/sacrificio-bovino-ha-disminuido-14-en-los-ultimos-4-anos-en-el-pais>
- Contexto Ganadero. (2019, 17 de julio). “4 millones de bovinos entraron de contrabando entre 2016 y parte de 2018”: Lafaurie. *Contexto Ganadero*. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/4-millones-de-bovinos-entraron-de-contrabando-entre-2016-y-parte-de-2018>
- Contexto Ganadero. (2020, 15 de septiembre). Consumo de proteínas de origen animal bajó, salvo cerdo y huevo. *Contexto Ganadero*. <https://www.contextoganadero.com/economia/consumo-de-proteinas-de-origen-animal-bajo-salvo-cerdo-y-huevo>
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2006). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático: Manual*. https://unfccc.int/resource/docs/publications/handbook_esp.pdf
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2019). *Informe de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Acuerdo de París sobre la tercera parte de su primer periodo de sesiones, celebrada en Katowice del 2 al 15 de diciembre de 2018*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_03a01S.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2010). *Colombia estadística 2000-2009*. Tomo 2. https://biblioteca.dane.gov.co/media/libros/COL_ESTADISTICA_2000_2010_TOMO2.PDF
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2022). *Producto Interno Bruto. Medición con enfoque territorial. Junio 2022*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/departamentales/B_2015/Presentacion_PIB_dptal_2021preliminar.pdf

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). *Actualización post covid-19. Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018. Proyecciones de población por área y pertenencia étnico-racial*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- European Monitoring and Evaluation Programme y European Environment Agency. (2019). *EMEP/EEA. Air pollutant emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories*. <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019>
- Federación Colombiana de Ganaderos. (2018, 9 de noviembre). *Ganadería colombiana: Hoja de ruta 2018-2022*. <https://www.fedegan.org.co/noticias/ganaderia-colombiana-hoja-de-ruta-2018-2022>
- Fundación Natura, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, WWF-Colombia. (2016). *El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático*. <https://es.slideshare.net/slideshow/el-acuerdo-de-pars-as-actuar-colombia-frente-al-cambio-climtico/61559806#5>
- González, J. C. (2018). *Caracterización de las principales causas y agentes de la deforestación a nivel nacional, 2005-2015*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Programa ONU-REDD. <https://www.un-redd.org/document-library/caracterizacion-de-las-principales-causas-y-agentes-de-la-deforestacion-nivel>
- Grupo Banco Mundial. (2020). *Colombia. Notas temáticas de política. Cambio climático*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099045108112233520/pdf/P1778690b9f3ca00e0bf1f035ccd7778b9e.pdf>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2021). *Censo pecuario año 2021. Tabla de población bovina por municipio y por departamento 2021*. <https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018?aliaspath=%2fAreas%2fPecuaria%2fServicios%2fEpidemiologia-Veterinaria%2fCensos-2016%2fCenso-2018>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2018). *Mapa digital de geopedología de Colombia. Escala 1:100.000*.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2022). *Informe del estado de la calidad del aire en Colombia*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Informe%20Calidad%20del%20Aire%202021.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). *Cadena cárnica bovina. Cifras sectoriales*. Dirección de Cadenas Pecuarias Pesqueras y Acuícolas. <https://es.scribd.com/document/512328964/2020-12-30-Cifras-Sectoriales>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023). *Boletín Estadístico Forestal*. 8.ª edición. https://fedemaderas.org.co/wp-content/uploads/2023/12/08_BOLETIN_FORESTAL_SEPTIEMBRE_2023.pdf
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2024). *Propuesta del nivel de referencia de las emisiones de Colombia para el periodo 2023-2027 como mecanismo para optar al pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC*. https://redd.unfccc.int/media/colombia_submission_nref_2023_-_2027_vf.pdf

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). *Resolución 1383 de 2023. Por la cual se reglamenta el funcionamiento y la administración del SNICC, en el marco del SIAC y se definen reglas y procesos para la articulación con los sistemas que tengan similares propósitos y gestionen información relacionada con el seguimiento a la gestión del cambio climático*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2024/02/RES.-1383-DE-2023..pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2024). *What is climate change?* <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>
- Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2006). Capítulo 1: Introducción a las Directrices de 2006. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (1.1.-1.13). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/1_Volume1/V1_1_Ch1_Introduction.pdf
- Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (2006). Capítulo 7: Precursores y emisiones indirectas. En *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* (7.1-7.17). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/Spanish/Pdf/1_Volume1/V1_7_Ch7_Precursors_Indirect.Pdf
- Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (2013). Glosario. En *Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (185-204). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf
- Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
- Pertuz Martínez, A. P. y Elías Caro, J. E. (2019). Competitividad en el sector ganadero en Colombia: Enfoque desde la historiografía económica, social y empresarial. *Panorama Económico*, 27(2), 453-480. <https://doi.org/10.32997/2463-0470-vol.27-num.2-2019-2637>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria-Agronet. (2024). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) - Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), 2019 a 2022*. UPRA. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Vilorio de la Hoz, J. (2005). Aspectos económicos de la ganadería en el departamento de Córdoba. *Economía & Región*, 2(1), 87-123, <https://revistas.utb.edu.co/economiaregion/article/view/330>

